



TUGAS AKHIR (TM-141585)

**OPTIMASI SISTEM PRODUKSI UNTUK
MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN PENJUALAN
BATU KAPUR (STUDI KASUS: PT. PERTAMA
MINA SUTRA PERKASA)**

DERRY SEPTIAN TRI WICAKSONO
NRP. 2110 100 082

Dosen Pembimbing
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

**JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016**



FINAL PROJECT (TM-141585)

**OPTIMIZATION OF PRODUCTION SYSTEM FOR
MAXIMIZING LIMESTONE SALES PROFIT
(CASE STUDY OF PT. PERTAMA MINA SUTRA
PERKASA)**

DERRY SEPTIAN TRI WICAKSONO
NRP. 2110 100 082

Academic Advisor
Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya
2016

**OPTIMASI SISTEM PRODUKSI UNTUK
MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN PENJUALAN
BATU KAPUR (STUDI KASUS : PT. PERTAMA
MINA SUTRA PERKASA)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

DERRY SEPTIAN TRI WICAKSONO
NRP. 2110100082

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc. (Pembimbing)
NIP. 1963 03 14 198803 1002
2. Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc., Ph.D. (Penguji I)
NIP. 1952 08 11 197803 1009
3. Ir. Bambang Pramujati, M.Eng., Ph.D. (Penguji II)
NIP. 1969 12 03 199403 1001
4. Dr. Eng. Sutikno, ST., MT. (Penguji III)
NIP. 1982 02 09 201212 1001

SURABAYA
Januari, 2016

OPTIMASI SISTEM PRODUKSI UNTUK MEMAKSIMALKAN KEUNTUNGAN PENJUALAN BATU KAPUR (STUDI KASUS: PT. PERTAMA MINA SUTRA PERKASA)

Nama : Derry Septian Tri Wicaksono
NRP : 2110100082
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen pembimbing : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

ABSTRAK

PT. Pertama Mina Sutra Perkasa merupakan perusahaan penambangan swasta nasional yang mempunyai wewenang dalam pemanfaatan gunung batu kapur di daerah Puger, Jember, Jawa Timur. Perusahaan ini ingin meningkatkan omzet penjualan batu kapur, serta ingin mengoptimalkan penjualan yang dapat menghasilkan keuntungan maksimal dari produk *mix* gilingan saat ini.

Suatu penelitian akan dilakukan untuk menganalisis dan mengevaluasi kinerja sistem produksi PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dalam memproduksi batu kapur. Evaluasi kinerja sistem produksi dapat dilakukan dengan menghitung harga pokok produksi menggunakan *metode full costing* dan menghitung kapasitas *real* produksi. Berikutnya, akan dilakukan pemodelan secara matematis sistem produksi dan penjualan batu kapur ke dalam optimasi *Linier Programming* yang menghasilkan penjualan optimal dari produk gilingan batu kapur supaya bisa menghasilkan keuntungan maksimum.

Dalam tugas akhir ini didapatkan harga pokok produksi untuk jenis batu bongkah sebesar Rp13.49, batu affal sebesar Rp 20.41, *size* 40-60 mm sebesar Rp18.68, *size* 10-25 mm sebesar Rp21.61, *size* 3-4.5 mm sebesar Rp46.00, *size* 2-3.5 mm sebesar Rp46.98, *size* 1.2-3.35 mm sebesar Rp45.71, dan *size* 0-1 mm sebesar Rp63.00. Serta didapatkan optimasi penjualan produk *mix* batu kapur dengan komposisi jumlah penjualan, harga jual dan

jumlah produksi yaitu untuk jenis batu bongkah sebesar 98.276.000 Kg, Rp40.00, 98.276.000 Kg. Batu Affal sebesar 23.040.000 Kg, Rp.10.00, 23.040.000 Kg. *Size* 40 - 60 mm sebesar 72.889.140 Kg, Rp33.80, 88.684.30 Kg. *Size* 10-25 mm sebesar 68.810.470 Kg, Rp40.00, 68.810.470 Kg. *Size* 3-4.5 mm sebesar 12.475.550 Kg, Rp95.00, 12.475.550 Kg. *Size* 2 - 3.5 mm sebesar 10.092.720 Kg, Rp82.50, 10.092.720 Kg. *Size* 1.2 - 3.35 mm sebesar 26.455.700 Kg, Rp40.00, 29.561.430 Kg. Dan *size* 0-1 mm sebesar 16.423.020, Rp.62.50, 16.423.020 Kg.

Kata kunci: Batu kapur, keuntungan, *linier programming*, optimasi, pemodelan.

OPTIMIZATION OF PRODUCTION SYSTEM FOR MAXIMIZING LIMESTONE SALES PROFIT (CASE STUDY OF PT. PERTAMA MINA SUTRA PERKASA)

Student name : Derry Septian Tri Wicaksono
NRP : 2110100082
Department : Teknik Mesin FTI-ITS
Academic advisor : Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

ABSTRACT

PT. Pertama Mina Sutra Perkasa is a national private company which have the authority to authorize the use of limestone hill in Puger, Jember, East Java. This company will increase the turnover of limestone sales and optimize sales which result maximum profit from the existing product mix.

An experiment have been done to analyze and evaluate the production system performance of PT. Pertama Mina Sutra in producing limestone. The evaluation of production system perrformance is done by counting the production cost by using full costing method and by counting real capacity production. The evaluation of performance use mathematical model of production system and limestone sales by using linear programming optimization which result the optimum sales of limestone mill product in order to achieve maximum profit.

The result of experiment shows that the production cost for each type of limestone are Rp13.49 for bongkah stone, Rp20.41 for affal stone, Rp 18.68,00 for size 40-60 mm, Rp21.61 for size 10-25 mm, Rp46.00 for size 3-4.5 mm, Rp46.98 for size 2-3.5 mm, Rp45.71 for size 1.2-3.35 mm and Rp63.00 for size 0-1 mm. The result of experiment also shows that the maximum profit is attained from number of lime stone sales, the combination of selling price and number of lime stone production for each type of bongkah stone, affal stone, size 40-60 mm, size 10-25 mm, size 3-4.5 mm, size 2-3.5 mm, size 1.2-3.35 mm, and size 0-1 mm are (98.276.000

Kg, Rp40.00, 98.276.000 Kg), (23.040.000 Kg, Rp10.00, 23.040.000 Kg), (72.889.140 Kg, Rp33.80, 88.684.30 Kg), (68.810.470 Kg, Rp40.00, 68.810.470 Kg), (12.475.550 Kg, Rp95.00, 12.475.550 Kg), (10.092.720 Kg, Rp82.50, 10.092.720 Kg), (26.455.700 Kg, Rp40.00, 29.561.430 Kg) and (16.423.020, Rp.62.50, 16.423.020 Kg) respectively.

Keywords: limestone, linear programming, modeling, optimization, profit.

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas limpahan rahmat, petunjuk, hidayah, rizki dan ijin-Nya penyusunan tugas akhir ini dapat terselesaikan tanpa adanya halangan yang cukup berarti.

Dalam penyusunan tugas akhir ini tidak dapat dipungkiri ada begitu banyak dukungan dan bantuan yang di berikan berbagai pihak baik secara moril maupun material. Pada kesempatan ini. Penulis mengucapkan terima-kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang tiada henti memberikan rahmat, rizki dan karunia-Nya kepada makhluk-Nya, tak terkecuali saya. Semoga kita semua selalu menjadi hamba yang bersyukur dan tunduk patuh hanya pada-Mu.
2. Papa, Drs. Moch Sulkan M.Si, dan Mama, R.A Harijani Setijabudi (Almh), *atas segala jasamu, panduanmu, bimbinganmu, serta pengorbananmu*. Terimakasih atas motivasi dan dukungan yang tidak pernah putusya selama ini. *“Hidupku begitu berarti karena kalian”*. Semoga Allah SWT memberikan kebahagiaan dan kebarokahan kepada kalian di dunia dan juga di akhirat. Terkhusus untuk mama, semoga engkau tenang dan diberikan tempat terbaik di sisi Allah SWT. Amin.
3. Mbak Rina, Mbak Ika, Adik Yudha, Mbak Mira, Mas Omi, Mas Roki dan Mas Faisal yang tak henti-hentinya selalu membimbing, mendukung, mengingatkan, mengarahkan, dan menjadi teman curhat selama ini. Entah akan menjadi apa apabila tidak ada kalian di sekitarku.
4. Nadya, Bro Rafa dan Zafar para keponakan tercinta yang menjadi penghibur dikala bosan dan penat melanda.
5. Bapak Ir. Witantyo, M.Eng.Sc., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar dan telaten dalam membimbing dan menyusun penyelesaian tugas akhir ini.
6. Dosen penguji Ir. Sudijono Kromodihardjo, M.Sc., Ph.D, Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng., Ph.D, Dr. Eng.

- Sutikno, ST., MT yang telah memberikan kritik dan saran guna perbaikan tugas akhir ini.
7. Bapak Drs. Ec. Haryanto, Bapak Pra Julinuiddin Kotto, Bapak Eka Rukmana, Bapak Istantanto Yudo Pramono, Bapak Aziz, Bapak Ekhwan, Bapak Harry, dan Bapak Wiwit yang telah mengizinkan penulis mengambil topik dan data di Bangun Arta Group, serta telah bersedia membimbing dan memberikan transfer ilmunya guna terselesaikannya tugas akhir ini
 8. Rekan-rekan Teknik Industri, terkhusus untuk Junda dan Saka yang telah membantu dalam transfer ilmu kepada penulis.
 9. Dias, Gallih, Yordi, Adit, Aping, Supri, Babik, Luis dan Pak Solikin teman berbagi, ilmu, pengetahuan, cerita, motivasi dan semangat di dalam masa perkuliahan penulis.
 10. Mas Aji yang senantiasa dengan setia memberikan motivasi dan penyemangat selama berkuliah dan berorganisasi. Terimakasih telah “meracuni” penulis dengan pemikirannya.
 11. Mas Ken, Mas Ramtel, dan Mbak Retno, sosok yang selalu mengucapkan kata-kata “*Ojok ngisin-ngisini SMALA lho yoo*”. Dan nyayian “Kami pemimpin bangsa tak kenal kata menyerah, walaupun lelah letih melanda badan ditegakkan lurus ke depan selalu”. Vivat Smalamanian.
 12. Bon-bon, sang “Sarjana daftar isi” yang telah mengizinkan rumahnya sebagai tempat dalam mengerjakan tugas akhir ini.
 13. MAUT 10 “*Ngelu Ndas Tim*” (Dias, Budhita, Danan, Nanda, Raja, Yordi) pada khususnya dan MAUT 11, keluarga besar Mesin ITS Autosport pada umumnya untuk segala ilmu, pembelajaran, pengalaman suka duka yang diberikan. Banyak sekali cerita dan ilmu kehidupan yang didapatkan. Semoga semua yang didapatkan, kelak akan berguna untuk mengarungi kehidupan setelah ini.

14. Rekan-rekan M-53 (angkatan 2010), para mbak-mas senior, adik-adik junior, para dosen yang telah menjadi rekan dan pengajar berbagi pengalaman hidup dan ilmu selama ini.
15. Para karyawan, Pak Nur, Cak Bud, Cak To, Pak Noh, Pak Mul dan Mbak Sari, serta semua keluarga besar Teknik Mesin ITS yang selalu dengan senyum ramahnya memberikan bantuan dan semangat untuk penulis.
16. Rekan-rekan kepanitian “Two Wheel Slalom Mesin ITS 2013” dan kepanitian “Indonesia Energy Marathon Challenge 2013” atas kerjasamanya dengan kalian. Senang dan bangga bisa bekerjasama dengan kalian. Sukses selalu kawan.
17. Keluarga besar Laboratorium Mekanika Fluida dan Laboratorium Sistem Manufaktur yang menjadi tempat menimba ilmu, berbagi kisah dan menjadi tempat menetap dua tahun belakang ini..
18. Serta teman-teman, rekan-rekan, keluarga dan pihak-pihak lainnya yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah memberikan dukungan sehingga penyusunan laporan ini dapat selesai.

Tugas Akhir ini masih sangat jauh dari sempurna, kritik dan saran yang dapat menyempurnakan penyusunan Tugas Akhir sangat diperlukan. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan menambah wawasan bagi pembaca.

Surabaya, 20 Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	5
1.2 Perumusan masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Ruang Lingkup.....	6
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEOR. ..	7
2.1 Batu Kapur (<i>Limestone</i>).....	7
2.2 Sistem Produksi Batu Kapur di PT. PMSP.....	8
2.2.1 Peledakan (<i>Blasting</i>).....	12
2.2.2 Mesin Pemecah Batu (<i>Crushing Plant</i>).....	13
2.3 Harga Pokok Produksi.....	14
2.3.1 Penentuan harga pokok produksi	14
2.3.2 Komponen harga pokok produksi	15
2.4 Metode <i>full costing</i>	16
2.5 Pengertian Model	17
2.6 Optimasi	17
2.6.1 Definisi Optimasi	17
2.6.2 <i>Influence Diagram</i>	18
2.6.3 Metode Optimasi	18
2.6.4 <i>Linier Programming</i>	19
2.6.5 Verifikasi dan Validasi	20
2.6.6 <i>Software Optimasi (Lingo)</i>	20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Diagram alir penelitian.....	55
3.2 Prosedur Penelitian.....	25
3.2.1 Studi Lapangan dan Identifikasi	
Permasalahan.....	25
3.2.2 Perumusan Masalah.....	25
3.2.3 Pengumpulan Data	25
3.2.4 Pembuatan Model	26
3.2.4.1 Metode <i>Full Costing</i>	26
3.2.4.2 Pengumpulan dan Pengelompokan	
Biaya	26
3.2.4.3 Pembuatan Model Optimasi Awal.....	26
3.2.5 Verifikasi Model	27
3.2.6 Pembuatan dan <i>Running</i> Model Alternatif.....	28
3.2.7 Analisa Data	28
3.2.8 Penarikan Kesimpulan	28
3.3 <i>Timeline</i> Pengerjaan Tugas Akhir	29
BAB IV PERHITUNGAN HARGA POKOK	
PRODUKSI	31
4.1 Gambaran Umum Sistem Produksi.....	31
4.1.1 Skema <i>Crushing Plant</i> 1 dan 2 di	
PT. Pertama Mina Sutra Perkasa.....	31
4.1.2 Aktivitas Produksi	32
4.2 Perhitungan Harga Pokok Produksi Batu kapur ...	35
4.2.1 Perhitungan HPP Jenis Batu Bongkah	49
4.2.2 Perhitungan HPP Jenis Batu Affal.....	49
4.2.3 Perhitungan HPP Jenis <i>Size</i> 40-60 mm.....	50
4.2.4 Perhitungan HPP Jenis <i>Size</i> 10-25 mm.....	50
4.2.5 Perhitungan HPP Jenis <i>Size</i> 3-4.5 mm.....	51
4.2.6 Perhitungan HPP Jenis <i>Size</i> 2-3.5 mm.....	52
4.2.7 Perhitungan HPP Jenis <i>Size</i> 1.2-3.35 mm.	53
4.2.8 Perhitungan HPP Jenis <i>Size</i> 10-25 mm.....	53

BAB V PEMODELAN MATEMATIS DAN OPTIMASI PENJUALAN PRODUK MIX BATU KAPUR	55
5.1 <i>Influence Diagram</i> Optimasi Penjualan Batu Kapur.....	55
5.2 Model Matematika.....	57
5.3 Eksperimen dan Analisis.....	61
5.4 Verifikasi dan Validasi Model.....	66
5.5 Hasil Analisis Eksperimen.....	72
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
6.1 Kesimpulan.....	75
6.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	
BIODATA PENULIS	

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Tahun vs Jumlah Total Penjualan Batu Kapur.....	4
Gambar 2.1 Sistem Produksi Batu Kapur PT. PMSP.....	9
Gambar 2.2 <i>Layout Crushing Plant</i> 1 PT. PMSP (Sumber: PT PMSP).....	10
Gambar 2.3 <i>Layout Crushing Plant</i> 2 PT. PMSP (Sumber: PT PMSP).....	11
Gambar 2.4 <i>Influence diagram</i>	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 3.2 <i>Input-Proses-Output</i> Perhitungan Harga Pokok Produksi.....	26
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> Pemodelan Optimasi (Daellenbach dan McNickle, 2005).....	27
Gambar 4.1 Skema <i>Flowchart Crushing Plant</i> 1 PT. PMSP (Sumber: PT. PMSP).....	33
Gambar 4.2 Skema <i>Flowchart Crushing Plant</i> 2 PT. PMSP (Sumber: PT. PMSP).....	34
Gambar 5.1 <i>Influence Diagram</i> Optimasi Penjualan Batu Kapur	56
Gambar 5.2 <i>Feasible Lingo</i>	66
Gambar 5.3 Hasil Komputasi Lingo.....	70

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Jumlah produksi untuk jenis dan ukuran batu kapur tahun 2009 - 2014).....	2
Tabel 3.1 Timeline Pengerjaan Tugas Akhir.....	29
Tabel 4.1 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Biaya Tenaga Kerja Karyawan	36
Tabel 4.2 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Proses Blasting.....	37
Tabel 4.3 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Proses Loading dan Hauling.....	38
Tabel 4.4 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Crushing Plant 1 hingga Screen 1.....	39
Tabel 4.5 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Batu Affal.....	40
Tabel 4.6 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Size 40-60mm	41
Tabel 4.7 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Crushing Plant 1 setelah Screen 1 hingga screen 2.....	41
Tabel 4.8 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Size 10-25mm	42
Tabel 4.9 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Bahan Baku.....	43
Tabel 4.10 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Crushing Plant 2 untuk Hopper 1 Hingga Screen 1 dan Hopper 2 Hingga Screen 2.....	44
Tabel 4.11 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Crushing Plant 2 untuk Hopper 3 Hingga Screen 3.....	45
Tabel 4.12 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Crushing Plant 2 untuk Hopper 1 dari Screen 1 dan Hopper 2 dari Screen 2 ke Screen 5.....	46
Tabel 4.13 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Crushing Plant 2 untuk Hopper 1 dari Screen 1 dan Hopper 2 dari Screen 2 ke Screen 6.....	46

Tabel 4.14 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Size 3 – 4.5mm.....	47
Tabel 4.15 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Size 2 – 3.5 m.....	47
Tabel 4.16 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Size 1.2–3.35mm.....	48
Tabel 4.17 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Conveyor hasil Size 0 – 1 mm.....	49
Tabel 5.1 Harga Pokok Produksi	62
Tabel 5.2 Harga Jual Tiap Jenis Batu Kapur (Sumber PT. PMSP)	62
Tabel 5.3 Jumlah minimal, maksimal dan prosentase produksi batu kapur.....	63
Tabel 5.4 Asumsi Hubungan Harga Jual dan Jumlah Permintaan Batu Kapur.....	65

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Batu kapur merupakan jenis bahan galian non logam yang menjadi bahan baku utama di dalam beberapa kepentingan, antara lain pembakaran di PLTU, bahan baku semen, bahan keramik, bahan cat, industri pupuk, dan lainnya. Di daerah Puger, Jember, Jawa Timur terdapat gunung batu kapur yang bisa dimanfaatkan untuk kepentingan tersebut. Batu kapur yang dihasilkan dari gunung tersebut merupakan sumber daya yang tidak bisa diperbarui. PT. Pertama Mina Sutra Perkasa merupakan perusahaan penambangan swasta nasional yang mempunyai wewenang dalam pemanfaatan gunung batu kapur tersebut, yaitu bertanggung jawab atas kegiatan penambangan dan penggalian dalam menghasilkan batu kapur dan produk turunannya serta bertanggung jawab dalam pengembangan produk dan pemasaraannya. PT. Pertama Mina Sutra Perkasa saat ini mengoperasikan sebuah tambang batu kapur dengan area konsesi seluas 36,88 ha yang berdiri pada ketinggian 190 meter diatas permukaan laut. Berdasarkan penilaian yang dilakukan oleh PT. Surveyor Indonesia di tahun 2011, tambang di kawasan ini memiliki kandungan cadangan hipotetis batu kapur sampai dengan 48 juta ton yang tersimpan.

Proses penambangan batu kapur yang ada di perusahaan ini mempunyai beberapa tahapan proses yaitu proses peledakan (*blasting*) untuk membongkar atau melepaskan batuan dari batuan induknya, kemudian pengambilan material (*loading*), dilanjutkan dengan pemuatan material (*hauling*), serta memasukkan material batukapur (*dumping*) ke dalam *crushing plant* untuk dipecahkan (*breaking*) dan dipisahkan kedalam ukuran tertentu. Dalam proses pemecahan, batu kapur dihancurkan ke dalam beberapa jenis dan ukuran yang telah ditentukan, yaitu batu bongkah, batu affal, *size* 0-1.0 mm, *size* 1.2-3.35 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 3-4.5 mm, *size* 10-25 mm, dan *size* 40-60 mm seperti di Tabel 1.1.

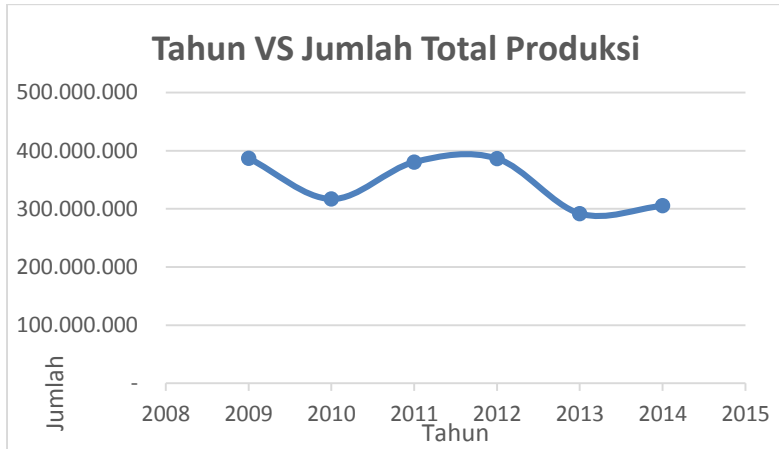
Tabel 1.1 Jumlah produksi untuk tiap jenis batu kapur tahun 2009-2014

Jenis dan Ukuran	Tahun						Total (Kg)
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
Batu Bongkah	120.090.000	95.430.000	130.490.000	137.020.000	88.590.000	97.109.880	668.729.880
Batu Affal	84.219.429	59.599.235	36.208.200	49.961.154	38.028.136	34.354.227	302.370.381
Size 0 - 1.0 mm	17.711.536	11.233.282	13.031.638	20.166.946	17.503.758	10.463.778	90.110.938
Size 1,2 - 3,35 mm	22.590.619	25.434.770	22.806.712	32.947.413	37.759.776	25.349.510	166.888.800
Size 2 - 3.5 mm	11.947.478	8.459.014	7.699.957	11.506.199	4.937.814	4.658.290	49.208.752
Size 3 - 4.5 mm	8.294.025	10.390.815	10.811.043	13.581.092	3.537.527	6.357.480	52.971.982
Size 10 - 25 mm	81.062.950	63.175.590	89.053.002	85.151.146	67.089.040	60.647.840	446.179.568
Size 40 - 60 mm	41.463.785	43.387.240	70.493.340	36.272.640	32.679.856	53.739.890	278.036.751
Jumlah	387.379.822	317.109.946	380.593.892	386.606.590	290.125.907	292.680.895	

PT. Pertama Mina Sutra Perkasa memasarkan batu kapur ke beberapa pelanggan yang berbeda (*multicustomer*) menyebabkan jenis dan ukuran batu kapur yang dipasok oleh perusahaan ini menjadi beragam. Jenis dan ukuran batu kapur tersebut mempunyai kegunaan sendiri-sendiri, antara lain batu kapur jenis batu bongkah digunakan sebagai bahan pembakaran tradisional (*kiln*) oleh beberapa perusahaan di sekitar area tambang dan masyarakat sekitar. Batu kapur jenis batu affal digunakan sebagai urukan jalan dan sebagai bahan campuran dalam bahan baku semen. Batu kapur *size* 0-1.0 mm dipesan oleh beberapa perusahaan, antara lain PT. Smelting Gresik untuk bahan campuran leburan tembaga, PT. Iglas (Persero) untuk bahan baku campuran pembuatan kaca, PT. Sierad Produce Tbk untuk bahan baku campuran untuk pakan ternak, serta sebagai bahan baku untuk proses ukuran *mesh* 100 dan *mesh* 200 pada perusahaan kosmetik dan pipa. Batu kapur *size* 1.2 – 3.35 mm dipesan oleh perusahaan PT. Smelting Gresik untuk bahan campuran leburan tembaga. Batu kapur *size* 2–3.5 mm dan *size* 3-4.5 mm dipesan oleh PT. Sierad Produce Tbk untuk bahan baku campuran untuk pakan ternak. Batu kapur *size* 10–25 mm dipasarkan ke PLTU Jepara sebagai bahan bakar pembangkit listrik dengan teknologi *flue gas desulphurization* (FGD), fungsi batu kapur dalam teknologi FGD ini adalah sebagai penangkap materi belerang (sulfur) dari gas buang. Terakhir, batu kapur *size* 40-60 mm dipasarkan ke PT. Emdeki Utama sebagai bahan baku pembuatan karbit.

Selain melakukan proses penambangan batu seperti yang dijelaskan sebelumnya, PT. Pertama Mina Sutra Perkasa juga melakukan manajemen penjualan batu kapur. Setiap jenis dan ukuran batu kapur tersebut masing – masing mempunyai nilai jual sendiri-sendiri. Nilai jual tersebut didapatkan dari harga produksi ditambah biaya inventori ditambah keuntungan yang ingin dicapai dari produk batu kapur tersebut. Dalam proses pemecahan batu kapur, semakin kecil ukuran batu kapur yang dihasilkan, semakin lama proses pengolahan dalam menghasilkan produk tersebut, sehingga nilai dari harga produksi untuk memproduksi batu kapur tersebut akan tinggi, dan menyebabkan harga jual batu tersebut semakin tinggi.

PT. Pertama Mina Sutra Perkasa saat ini ingin meningkatkan keuntungan penjualan. Gambar 1.1 menginformasikan bahwa jumlah penjualan batu kapur mengalami fluktuasi setiap tahunnya dari tahun 2009 hingga 2014. Perusahaan mengalami ketidakstabilan omzet karena beberapa faktor, yaitu curah hujan tinggi yang mengakibatkan proses produksi batu kapur terhambat, pesanan yang berfluktuasi dan adanya pesaing dari perusahaan lain yang memproduksi batu kapur. Ketiga faktor tersebut mempunyai keterkaitan sebab akibat satu sama lain dalam menentukan penjualan batu kapur. Misalkan, meskipun curah hujan tidak tinggi (proses produksi batu kapur tidak terhambat) namun pesanan *market* turun maka penjualannya akan tidak maksimal.



Gambar 1.1 Grafik Tahun vs Jumlah Total Penjualan Batu Kapur

Data yang terlihat memang menunjukkan omzet PT. Pertama Mina Sutra Perkasa mengalami ketidakstabilan, akan tetapi manajemen PT. Pertama Mina Sutra Perkasa menginginkan untuk meningkatkan keuntungan dari omzet yang ada saat ini. PT. Pertama Mina Sutra Perkasa memikirkannya dengan cara memaksimalkan penjualan produk gilingan yang dihasilkan saat ini, yaitu dengan menjual lebih banyak produk gilingan tertentu yang lebih menguntungkan dari yang lainnya. Selain itu, mereka juga ingin meminimalkan biaya produksi untuk masing-masing produk. Akan tetapi, cara peningkatan penjualan dengan kebijakan (*policy*) tersebut harus benar-benar dianalisis lebih dalam, dikarenakan kebijakan tersebut dikhawatirkan dapat menurunkan omzet penjualan. Para pelanggan (*customer*) yang telah menjadi mitra PT. Pertama Mina Sutra Perkasa saat ini bisa berpindah ke perusahaan pesaing lain. Atas dasar kekhawatiran tersebut, PT. Pertama Mina Sutra Perkasa juga ingin memaksimalkan penjualan dengan memaksimalkan produksi yang dihasilkan dari kapasitas infrastruktur yang ada saat ini, sebab PT. Pertama Mina Sutra Perkasa kurang memaksimalkan kapasitas produksi yang seharusnya bisa dihasilkan. Saat ini, batu kapur yang dihasilkan

manajemen hanya berpatok pada permintaan/pesanan pelanggan (*customer*). Dari penjelasan permasalahan tersebut, PT. Pertama Mina Sutra Perkasa membutuhkan sebuah analisis guna meningkatkan omzet penjualan batu kapur. Peningkatan omzet tersebut didasari oleh sistem produksi yang terpasang saat ini. PT. Pertama Mina Sutra Perkasa juga ingin mengoptimalkan penjualan yang dapat menghasilkan keuntungan maksimal dari produk gilingan saat ini dan mendapatkan nilai jual tinggi dari masing-masing produk gilingan tersebut.

Atas dasar kebutuhan tersebut, diperlukan penelitian guna menganalisis dan mengevaluasi kinerja sistem produksi PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dalam memproduksi batu kapur selama ini. Evaluasi kinerja sistem produksi dapat dilakukan dengan menghitung harga pokok produksi menggunakan *metode full costing* dan menghitung kapasitas *real* produksi. Tujuan dari evaluasi tersebut agar dapat mengetahui omzet penjualan *real* yang bisa dihasilkan dari sistem produksi saat ini, sehingga PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dapat meningkatkan penjualannya didasari dari kapasitas sistem produksi dan mengetahui nilai dari harga pokok produksi. Pada tugas akhir ini dilakukan pemodelan penjualan produk gilingan batu kapur untuk mendapatkan penjualan optimal. Metode yang digunakan yaitu melakukan pemodelan secara matematis proses produksi dan penjualan batu kapur ke dalam optimasi *Linier Programming*. Pemodelan optimasi itu digunakan supaya PT. Pertama Mina Sutra Perkasa menghasilkan keuntungan yang maksimum. Dengan adanya pemodelan tersebut, maka diharapkan akan diketahui alternatif solusi penjualan yang paling tepat.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat disimpulkan rumusan masalah yaitu bagaimana memaksimalkan keuntungan dari sistem produksi yang ada?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini berdasarkan rumusan masalah di atas adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis dan mengevaluasi kinerja sistem produksi PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dalam memproduksi batu kapur saat ini guna mendapatkan kapasitas dan harga pokok produksi setiap jenis produk gilingan batu kapur.
2. Memodelkan secara matematis proses produksi dan penjualan batu kapur untuk mendapatkan penjualan produk *mix* batu kapur yang dioptimasi menggunakan *Linier Programming* serta dilakukan analisis sensitivitas untuk dilihat kelayakannya guna memaksimalkan keuntungan perusahaan

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang diberlakukan agar tugas akhir ini dapat berjalan secara fokus dan terarah serta dapat mencapai tujuan adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data dari PT. Pertama Mina Sutra Perkasa di Puger, Jember, Jawa Timur.
2. Menggunakan *software* Lingo 13 dalam proses optimasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Dapat mengetahui kinerja sistem produksi batu kapur PT. Pertama Mina Sutra Perkasa saat ini guna mendapatkan kapasitas produksi seharusnya.
2. Dapat memodelkan penjualan produk *mix* batu kapur serta pengaruh model yang dibuat serta solusinya guna memaksimalkan keuntungan perusahaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam pembahasan ini, diperlukan berbagai referensi yang berkaitan untuk mengenal dasar-dasar teori yang nantinya dipergunakan dalam pembahasan pada optimasi proses ini.

2.1 Batu Kapur (*Limestone*)

Batu kapur merupakan salah satu sumber daya alam yang dibutuhkan oleh manusia untuk mendukung kegiatan industri, kerajinan, dan bahan bangunan. Pengertian dari batu kapur adalah “sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral *calcite* (*kalsium carbonate*). Sumber utama dari *calcite* adalah organisme yang berasal dari laut dan menghasilkan kulit kerang yang keluar ke air dan terbawa hingga bawah samudera sebagai pelagic ozone. *Calcite* sekunder juga dapat terdeposisi oleh air meteroik tersupersaturasi (air tanah yang presipitasi material di gua). Ini menciptakan speleothem seperti stalagmite dan stalaktit. Bentuk yang lebih jauh terbentuk dari Oolite (batu kapur Oolitic) dan dapat dikenali dengan penampilannya yang “granular”. Batu kapur membentuk 10% dari seluruh batuan sedimen.”. Pengertian lain dari batu kapur adalah batuan yang terdiri dari unsur kalsium karbonat, terbentuk langsung dari presipitasi air laut akibat proses biokimia. Batu kapur ini merupakan batuan karbonat yang *insitu* atau yang terbentuk pada tempat asalnya.

Proses penambangan batu kapur yang ada di perusahaan ini mempunyai beberapa tahapan proses yang diawali dengan proses peledakan (*blasting*) yang bertujuan membongkar atau melepaskan batuan dari batuan induknya, kemudian pengambilan material (*loading*), dilanjutkan dengan pemuatan material (*hauling*), serta memasukkan material batukapur (*dumping*) ke dalam *crushing plant* untuk dipecahkan (*breaking*) dan dipisahkan kedalam ukuran tertentu. Pemanfaat batu kapur/*limestone* (CaCO_3) banyak sekali digunakan untuk berbagai macam kebutuhan antara lain: sebagai bahan untuk menurunkan kadar sulfur, bahan pembuat soda api, piler kare, kabel, penurunan kadar asam air, industri pupuk,

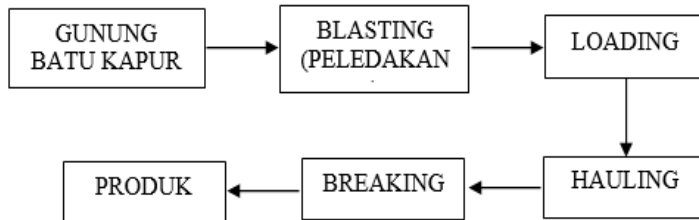
pengkristal gula tepung, penetral limbah, ekstraksi peleburan besi, separator (pemisah) logam mulia, bahan baku semen, bahan baku gelas pewarna, pemutih kertas pakaian, penyamak kulit, campuran minuman soda, farmasi, bahan pembuat cat, bahan keramik, bahan dempul, pemadam api, industri kimia, peningkat keasaman tanahbahan lem, bahan kardus, pengkristal gula pasir, campuran logam industri pengecoran, PLTU, paralon, plastik, piler ban, kertas, kabel, bahan kaca kristal, penjernih sawit/minyak kelapa, penetral lingkungan, gerabah, bahan *base* jalan, rel kereta api.

2.2. Sistem Produksi Batu Kapur di PT. PMSP

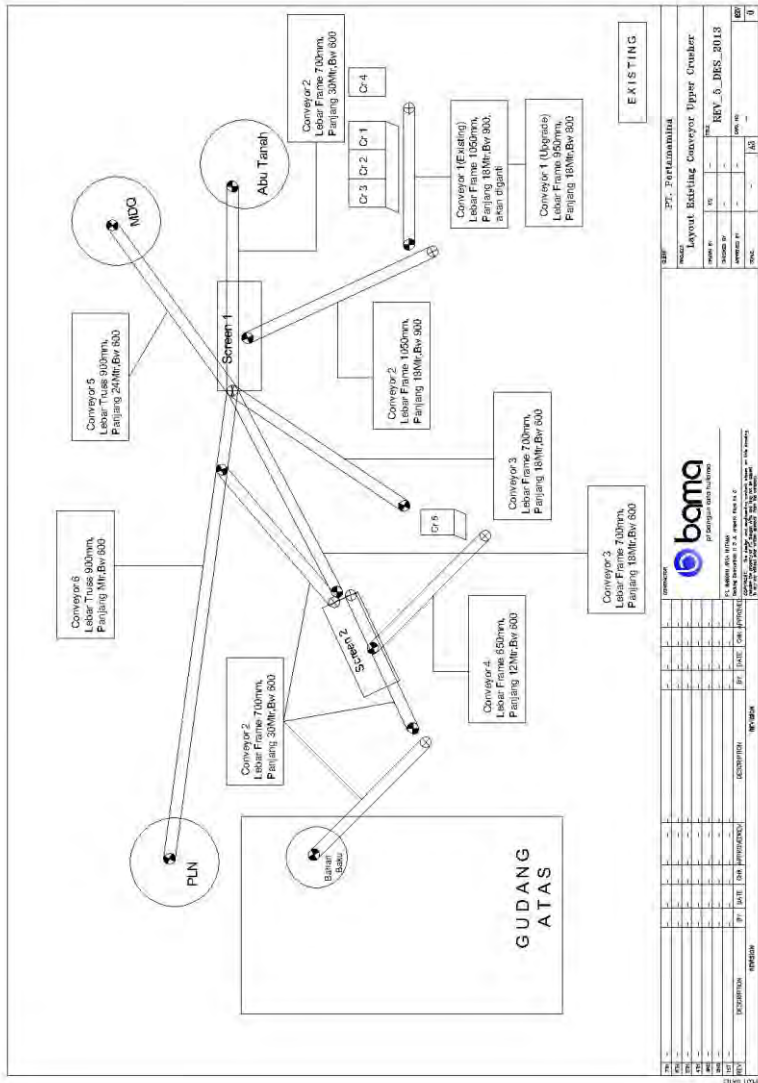
PT. Pertama Mina Sutra Perkasa merupakan perusahaan penambangan swasta nasional yang mempunyai wewenang dalam pemanfaatan gunung batu kapur tersebut. Perusahaan tersebut bertanggung jawab atas kegiatan penambangan dan penggalian dalam menghasilkan batu kapur dan produk turunannya. PT. Pertama Mina Sutra Perkasa juga bertanggung jawab dalam pengembangan produk dan pemasaraannya. PT. Pertama Mina Sutra Perkasa saat ini mengoperasikan sebuah tambang batu kapur dengan area konsesi seluas 36,88 ha yang berdiri pada ketinggian 190 meter diatas permukaan laut.

Proses penambangan batu kapur yang ada di perusahaan ini mempunyai beberapa tahapan proses produksi batu kapur, terlihat dalam Gambar 2.1, yang diawali dengan proses peledakan (*blasting*) yang bertujuan membongkar atau melepaskan batuan dari batuan induknya, kemudian pengambilan material (*loading*), dilanjutkan dengan pemuatan material (*hauling*), serta memasukkan material batukapur (*dumping*) ke dalam *crushing plant* untuk dipecahkan (*breaking*) dan dipisahkan kedalam ukuran tertentu. Dalam proses pemecahan (*breaking*), batu kapur dihancurkan ke dalam beberapa jenis dan ukuran yang telah ditentukan. Dalam proses pemecahan batu kapur, PT. Pertama Mina Sutra Perkasa menggunakan dua *layout* / skema alat mesin

pemecah batu (*crushing plant*). Kedua *layout* / skema tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.2 dan Gambar 2.3



Gambar 2.1 Sistem Produksi Batu Kapur PT. PMSP



Gambar 2.2 *Layout Crushing Plant 1 PT. PMSP (Sumber: PT PMSP)*

2.2.1 Peledakan (*Blasting*)

Proses awal dari penambangan batu kapur di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa adalah proses peledakan batu kapur. Tujuan pekerjaan peledakan itu sendiri yaitu memecah atau membongkar batuan padat atau material berharga atau endapan bijih yang bersifat kompak atau masive dari batuan induknya menjadi material yang cocok untuk dikerjakan dalam proses produksi berikutnya. Dalam suatu operasi peledakan pada pertambangan didahului oleh pemboran yang bertujuan untuk membuat lubang tembak. Lubang tembak sendiri akan diisi oleh bahan peledak yang terlebih dahulu diisi oleh material atau pasir yang disebut *Sub-drilling* bertujuan agar hasil peledakan tidak terjadi *toes* atau tonjolan-tonojolan pada lantai tambang yang mengakibatkan alat berat sulit bergerak saat pemuatan dan pengangkutan hasil peledakan. Setelah diisi oleh rangkaian bahan peledak seperti TNT atau ANFO yang dilengkapi dengan nonel, maka selanjutnya diisi material penutup yang disebut *stemming* berfungsi menahan tekanan keatas agar energi yang dihasilkan oleh bahan peledak tersebar kesegala arah dan menghancurkan batuan disampingnya.

Tujuan perencanaan pemboran dan peledakan pada batuan: menghasilkan batuan lepas, yang dinyatakan dalam derajat fragmentasi sesuai dengan tujuan yang akan capai. Hasil peledakan ini sangat mempengaruhi produktivitas dan biaya operasi berikutnya. Fragmentasi batuan dapat dikontrol dengan merubah pola pemboran atau mengatur bubuk powder faktor atau menggunakan kombinasi kedua faktor tersebut.

Suatu operasi peledakan batuan akan mencapai hasil optimal apabila perlengkapan dan peralatan yang dipakai sesuai dengan metode peledakan yang diterapkan. Perlengkapan peledakan (*blasting supplies/blasting accessories*) adalah semua bahan atau kelengkapan yang dapat digunakan hanya untuk satu kali peledakan saja. Contohnya adalah sumbu api, detonator, sumbu ledak, dan sebagainya. Sedangkan Peralatan peledakan (*blasting equipment*) adalah alat-alat yang dapat digunakan berulang kali dalam proses peledakan. Contohnya adalah *blasting machine*, dan

sebagainya. Selain perlengkapan dan peralatan peledakan, ada namanya bahan peledak. Bahan peledak ini merupakan suatu bahan kimia yang berupa senyawa tunggal atau campurannya yang berbentuk padat atau cair, yang apabila dikenai suatu aksi panas, benturan, gesekan atau ledakan awal dapat bereaksi dengan kecepatan tinggi dan akan berubah menjadi bahan-bahan yang lebih stabil yang sebagian atau seluruhnya berbentuk gas dan disertai dengan panas dan tekanan yang sangat tinggi.

2.2.2 Mesin Pemecah Batu (*Crushing Plant*)

Batuan hasil dari proses *blasting* atau pengerukan terhadap gunung batu kapur merupakan batuan dari alam (*quarry*) yang mempunyai ukuran beragam. Ukuran tersebut terkadang berukuran besar sehingga perlu dilakukan pemecahan terhadap batuan tersebut agar dapat dimanfaatkan sesuai dengan kebutuhan. Guna mendapatkan batuan pecah yang sesuai dengan ukuran yang diharapkan maka diperlukan suatu alat untuk memecah material tersebut. Alat pemecah batuan yang digunakan dinamakan *crushing plant*. *Crushing Plant* berfungsi untuk memecahkan batuan alam menjadi ukuran yang lebih kecil sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Pada pekerjaan *crushing* ini biasanya diperlukan beberapa kali pengerjaan pemecahan. Bagian-bagian pada *crushing plant* untuk mengatur dan menyalurkan material yang masuk atau juga material hasil *crusher* yang dipisahkan menurut gradasinya. Beberapa bagian dari *crusher* antara lain:

1. *Feeder dan Hopper*

Fedeer dan hopper adalah komponen dari peralatan pemecah batu yang berfungsi mengatur aliran dan pemisah bahan – bahan serta penerima bahan baku (*raw material*). Fungsi utama *feeder* adalah mengatur aliran bahan batuan yang masuk kedalam pemecah batu.

2. *Scalping Unit* (saringan kisi-kisi)
Scalping unit sering dipakai sebagai lanjutan *feeder*, *scalping unit* ini berupa kisi-kisi (*grid*) yang diam (*stationery*) atau bergetar (*vibratiory motion*).
3. *Conveyor*
Adalah komponen dari peralatan pemecah batu yang berfungsi untuk memindahkan material secara langsung dalam suatu proses dari satu unit ke unit lain. Fungsi *conveyor* pada peralatan pemecah batu biasanya terdiri dari unit *joint conveyor* (fungsi penyambung atau perantara), *discharge conveyor* (mendistribusikan ke *stockpile*), *feed conveyor* (fungsi pemasok), *return conveyor* (fungsi balik untuk dipecah lagi).
4. *Bin dan Hopper Bawah*
Adalah komponen pada peralatan pemecah batu yang berfungsi untuk menampung sementara, atau sebagai container yang besar untuk penyimpanan material permanen dari material dari *stock pile*.

2.3 Harga Pokok Produksi

2.3.1 Penentuan harga pokok produksi

Harga pokok memegang peranan sangat penting dalam setiap usaha perusahaan, baik dalam usaha untuk menghasilkan barang maupun untuk menjualnya. Tujuan dari penentuan harga pokok produksi yang telah dikemukakan oleh M. Manulang dalam bukunya yang berjudul Pengantar Ekonomi Perusahaan sebagai berikut:

- a. Untuk menentukan harga penjualan.
- b. Menetapkan efisien tidaknya suatu perusahaan.
- c. Menentukan kebijaksanaan dalam penjualan.
- d. Sebagai pedoman dalam pembelian alat perlengkapan baru.
- e. Untuk penghitungan neraca.

Sedangkan tujuan perusahaan dalam menghitung atau menentukan harga pokok produksi ini adalah:

- a. Untuk mengevaluasi kembali harga jual yang telah ditentukan. Evaluasi terhadap harga jual ini dilakukan oleh perusahaan selama periode enam bulanan.
- b. Menentukan keuntungan atau kerugian penjualan yang dilakukan perusahaan.

2.3.2 Komponen harga pokok produksi

Komponen yang tercantum dalam penghitungan harga pokok merupakan biaya yang telah dikorbankan dalam pembuatan suatu produk. Menurut Mulyadi (1992), elemen atau komponen harga pokok terbagi menjadi tiga elemen yaitu:

- a. Biaya bahan baku langsung (*Direct Material Cost*).
Biaya bahan baku adalah nilai uang bahan baku yang digunakan dalam proses produksi dan langsung diidentifikasi dengan barang jadi yang dihasilkan.
- b. Biaya tenaga kerja langsung (*Direct Labour Cost*).
“Tenaga kerja merupakan usaha fisik atau mental yang dikeluarkan oleh karyawan untuk mengolah produk. Biaya tenaga kerja adalah harga yang dibebankan untuk penggunaan tenaga manusia tersebut” (Mulyadi, 1992:343). Dalam hubungannya dengan produksi, tenaga kerja dibagi menjadi dua bagian yaitu:
 1. Tenaga kerja langsung
Tenaga kerja langsung adalah semua karyawan yang secara langsung ikut serta memproduksi produk jadi, yang jasanya dapat diusut secara langsung pada produk dan upahnya merupakan bagian yang besar dalam memproduksi produk.
 2. Tenaga kerja tidak langsung
Tenaga kerja pabrik yang upahnya tidak dapat diperhitungkan secara langsung kepada produk atau pesanan tertentu. Biaya tenaga kerja tidak langsung terdiri dari upah, tunjangan dan biaya kesejahteraan.
- c. Biaya overhead pabrik (*Indirect Material Labour Cost*).

Biaya overhead pabrik adalah semua biaya produksi selain biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja langsung. Biaya produksi yang termasuk dalam biaya overhead pabrik dikelompokkan menjadi beberapa golongan.

2.4 Metode *full costing*

Metode *full costing* merupakan salah satu metode penentuan harga pokok produk, yang membebankan seluruh biaya produksi sebagai kos produksi, baik biaya produksi yang berperilaku variabel maupun tetap (Mulyadi, 2001:49).

Pengertian *Full Costing* menurut Mulyadi dalam buku berjudul “Akuntansi Keuangan”: “*Full Costing* merupakan metode penentuan harga pokok produksi yang memperhitungkan semua unsur biaya produksi, yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik, baik variabel maupun tetap ditambah dengan biaya non produksi (biaya pemasaran, biaya administrasi dan umum)”. (2000:18)

Jadi berdasarkan pengertian *Full Costing* di atas, *Full Costing* merupakan metode penentuan harga pokok produksi yang memperhitungkan semua unsur biaya produksi baik yang bersifat tetap maupun tidak tetap (*Variable*), yang terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya *overhead* pabrik dan biaya non produksi (biaya pemasaran, biaya administrasi dan umum).

Berikut adalah harga pokok produksi metode *Full Costing* menurut Mulyadi dalam bukunya:

Biaya Bahan Baku	xxx
Biaya tenaga kerja langsung	xxx
Biaya <i>overhead</i> pabrik variabel	xxx
Biaya <i>overhead</i> pabrik tetap	<u>xxx</u>
Harga Pokok Produksi	<u>xxx</u>

Berdasarkan bagan diatas dapat dilihat bahwa metode metode *Full Costing* memasukan semua unsur biaya baik yang bersifat tetap maupun tidak tetap (*variable*).

2.5 Pengertian Model

Model dapat didefinisikan sebagai representasi dari sistem yang mewakili suatu proses atau kejadian, dimana representasi tersebut dapat menggambarkan secara jelas hubungan interaksi antar berbagai faktor yang diamati. Model biasanya dikembangkan untuk menginvestigasi pengembangan yang kemungkinan untuk diterapkan pada sistem nyata atau untuk mengetahui pengaruh kebijakan yang berbeda-beda (Ahmad Zubair Sultan, 2007).

Perlu diperhatikan bahwa model tidak harus merepresentasikan seluruh aspek dari sistem yang akan dipelajari. Hal tersebut akan memakan banyak waktu dan biaya, serta sangat rumit. Sebaliknya, model seharusnya dirancang sesederhana mungkin, dan hanya menunjukkan aspek-aspek yang berpengaruh terhadap performansi dari sistem.

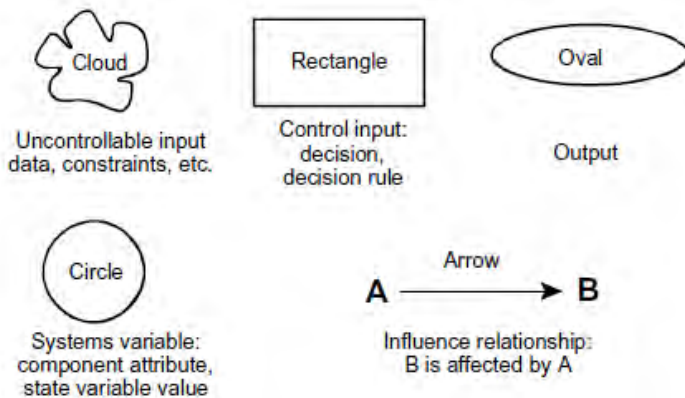
2.6 Optimasi

2.6.1 Definisi Optimasi

Optimasi adalah tindakan untuk memperoleh hasil yang terbaik dengan keadaan yang diberikan. Dalam desain, konstruksi, dan pemeliharaan dari sistem teknik, harus diambil beberapa teknologi dan keputusan managerial dalam beberapa tahap. Mengacu pada pendapat Singiresu S Rao, John Wiley dan Sons (2009) optimasi juga dapat didefinisikan sebagai proses untuk mendapatkan keadaan yang memberikan nilai maksimum ataupun minimum dari suatu fungsi. Minimum dari upaya yang diperlukan, maksimum dari fungsi hasil atau manfaat yang diinginkan. Tujuan akhir dari semua keputusan seperti itu adalah meminimalkan upaya yang diperlukan dan untuk memaksimalkan manfaat atau hasil yang diinginkan.

2.6.2 Influence Diagram

Influence diagram merupakan salah satu model diagramatik yang dapat digunakan untuk mendefinisikan kerelevan suatu sistem. Komponen yang ada di dalam sistem digambarkan secara terpisah dan dihubungkan dengan notasi tanda panah. Tanda panah tersebut menunjukkan adanya pengaruh dari suatu komponen ke komponen lain. Notasi yang digunakan dalam menggambarkan *influence diagram* terdiri dari input terkendali (*decision*), input tak terkendali, variabel sistem, output dan hubungan pengaruh (Daellencach dan McNickle, 2005).



Gambar 2.4 *Influence diagram*

2.6.3 Metode Optimasi

Metode mencari optimum dikenal sebagai teknik *mathematical programming* dan bisa dipelajari sebagai bagian dari riset operasional. Riset operasional adalah cabang matematika yang berkaitan dengan penerapan metode ilmiah dan teknik pengambilan keputusan dan penetapan penyelesaian terbaik atau optimal. Tim matematikawan mengembangkan metode untuk memecahkan masalah secara ilmiah.

Perkembangan metode optimasi semakin mengalami kemajuan hingga masa modern ini. Hal ini dapat dilihat dengan banyak metode optimasi yang ditemukan dan dapat menghasilkan

solusi yang semakin optimal. Metode optimasi yang populer dan banyak dipakai antara lain seperti metode *Linier Programming*, *Dynamic Programming*, *Integer Programming*, *Game theory*, dan *Goal Programming*

2.6.4 *Linier Programming*

Linier Programming merupakan salah satu metode optimasi yang berfokus pada optimasi (minimasi/maksimasi) dari sebuah fungsi yang linier dengan memenuhi sejumlah batasan yang juga bersifat linier. Atribut yang melekat pada *linier programming* adalah variabel keputusan dan fungsi tujuan. Variabel keputusan yang biasa digunakan seperti jumlah unit yang diproduksi, jumlah unit yang dikirim, jumlah Inventori dan lain sebagainya. Fungsi tujuan dapat dibagi menjadi dua yakni maksimasi dan minimasi. Fungsi tujuan maksimasi biasanya digunakan untuk memaksimalkan keuntungan, utilitas, pendapatan, dan lain sebagainya, sedangkan fungsi tujuan minimasi digunakan untuk meminimalkan biaya, waktu produksi dan lain sebagainya.

Untuk memecahkan masalah dengan model *Linier Programming* memiliki tiga komponen dasar (Hamdy Taha, 2007), yaitu:

1. *Decision Variable* yang ditentukan dan dicari jumlahnya.
2. *Objective Function* yang akan dioptimasi (maximize atau minimize).
3. *Constraints* yang harus dipenuhi kondisi atau syaratnya oleh solusi yang dihasilkan. Dengan memenuhi semua konstrain, solusi akan dikatakan *feasible*.

Linier Programming bisa memiliki *Objective Function* yang berfungsi *maximize* atau *minimize*, dengan *Constraints* yang terdiri tiga tipe (\leq , $=$, \geq); dan variabel yang mempunyai nilai batas. *Standart form linier programming* memiliki karakteristik penyelesaian sebagai berikut (John W. Chinneck, 2001):

- a. Fungsi Objektif bernilai maksimasi.
- b. Semua konstrain adalah real.
- c. Semua nilai RHS adalah nonnegatif.

- d. Semua nilai variabel keputusan adalah non negatif.

Standart form linier programming adalah bentuk sederhana dari model *linier programming*. Adapun bentuk formulanya yaitu:

- *Objective Function*: $\text{maximize } Z = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n$
- Constraints:

$$A_{11} X_1 + A_{12} X_2 + \dots + A_{1n} X_{2n} \leq B_1$$

$$A_{21} X_1 + A_{22} X_2 + \dots + A_{2n} X_{2n} \leq B_2$$

$$A_{m1} X_1 + A_{m2} X_2 + \dots + A_{mn} X_{mn} \leq B_m$$

2.6.5 Verifikasi dan Validasi

Validasi terdiri dari 2 macam, yakni validasi internal yang disebut verifikasi dan validasi eksternal yang disebut validasi. Verifikasi memeriksa apakah model sudah benar secara matematika dan logika serta data yang digunakan dalam model sudah benar. Validasi eksternasl atau yang bisa disebut dengan istilah validasi merupakan kegiatan yang membandingkan kesesuaian model dengan sistem nyatanya (Daellencach dan McNickle, 2005).

2.6.6 Software Optimasi (Lingo)

Software Lingo adalah perangkat lunak sederhana yang dapat digunakan untuk mencari solusi paling optimum serta menganalisa berbagai model matematis, baik linear maupun nonlinear dari suatu permasalahan yang sedang diteliti. Program yang digunakan dalam perangkat lunak ini berguna untuk melakukan optimasi terhadap suatu permasalahan sehingga menghasilkan hasil yang optimal dari sumber yang tersedia. Teknik optimasi sangat membantu dalam menemukan solusi atau jawaban paling tepat. Optimasi dalam hal ini dapat berupa pencapaian keuntungan tertinggi, biaya paling rendah, penggunaan sumber daya paling efisien dan berbagai output lain yang dianggap paling tepat.

Proses penyelesaian program kadang membutuhkan perhitungan dalam jumlah yang banyak dengan sumber yang kompleks, sehingga dibutuhkan program komputer yang baik dan

handal. Proses kerja penyelesaian suatu model optimasi terhadap suatu masalah terdiri dari tahap-tahap sebagai berikut:

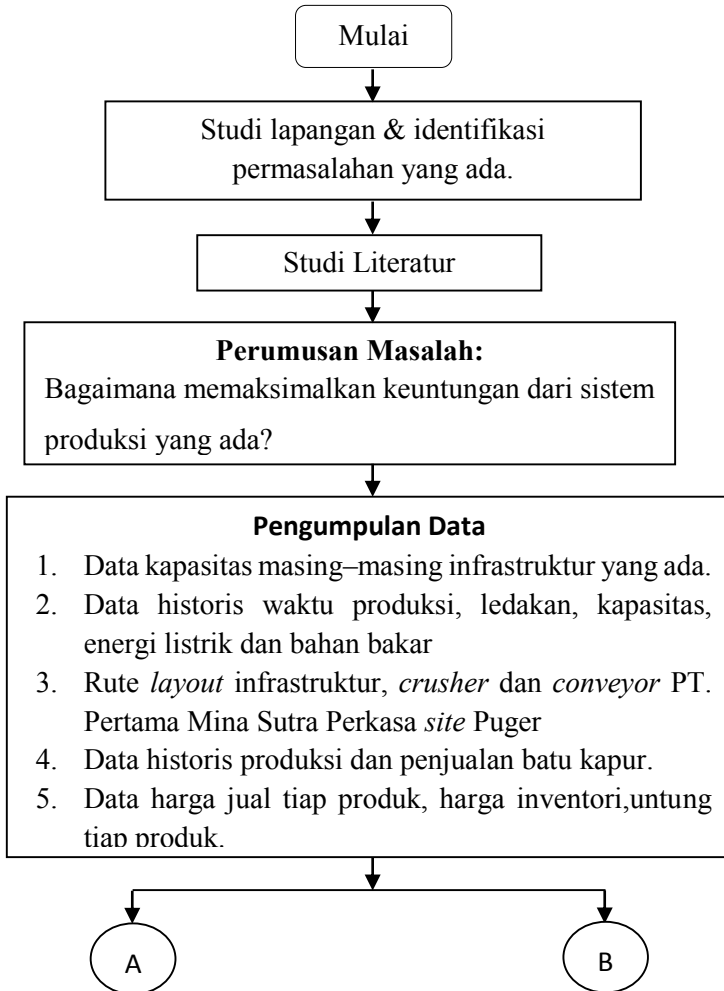
1. Memahami permasalahan
2. Memformulasikan permasalahan kedalam model
3. Menyiapkan data input untuk model
4. Menjalankan model
5. Mengimplementasikan keluaran model kedalam sebuah kesimpulan

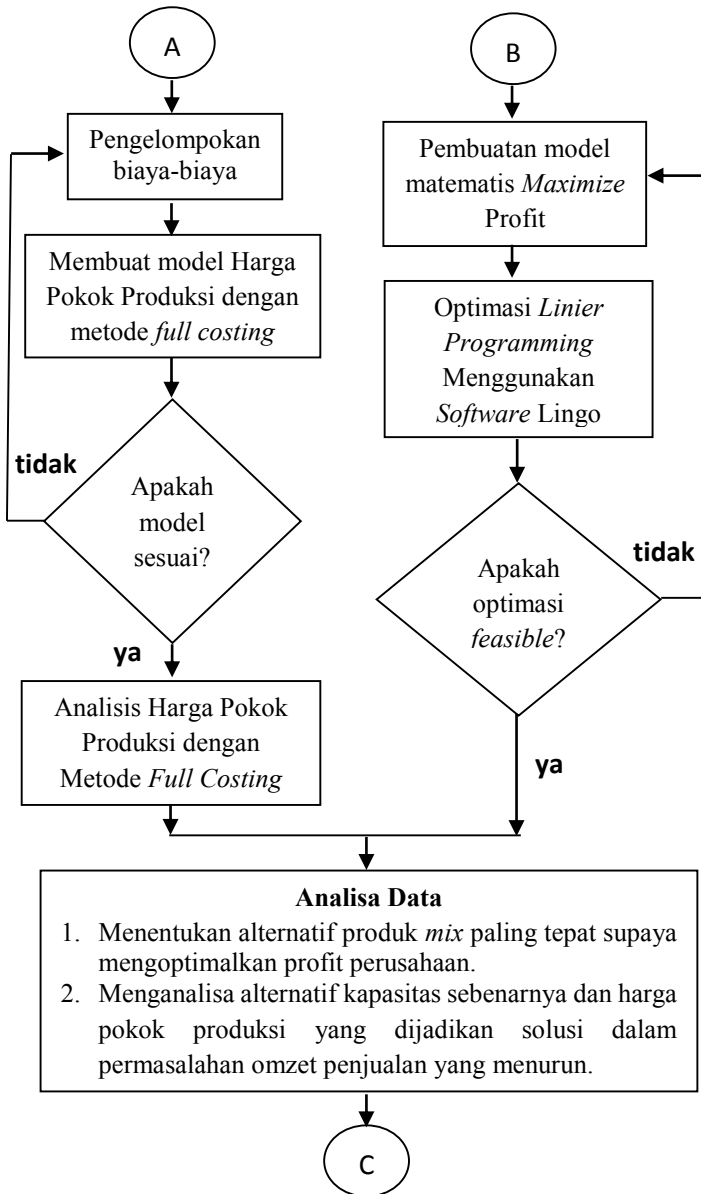
[Halaman ini sengaja dikosongkan]

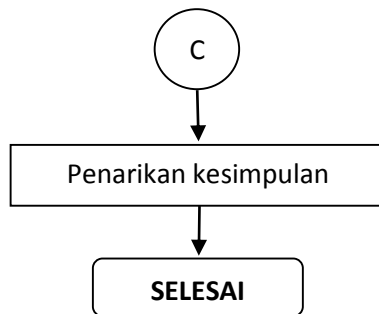
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian Tugas Akhir ini akan dilaksanakan dengan mengikuti diagram alir penelitian sebagai berikut:







Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Lapangan dan Identifikasi Permasalahan

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang dapat dijadikan topik Tugas Akhir. Tahap ini juga menyangkut area yang spesifik dari PT. Pertama Mina Sutra Perkasa yang dapat digunakan sebagai objek penelitian. Hal yang menjadi dasar dari identifikasi masalah adalah permasalahan seperti yang telah dikemukakan sebelumnya pada latar belakang.

3.2.2 Perumusan Masalah

Tahap selanjutnya adalah merumuskan masalah yang dijadikan objek dalam penelitian Tugas Akhir ini.

3.2.3 Pengumpulan Data

Tahap ini menyangkut pengumpulan data–data yang ada di lapangan. Data–data tersebut yaitu:

1. Data kapasitas masing–masing infrastruktur yang ada.
2. Data historis waktu produksi, ledakan, kapasitas, serta energi listrik dan bahan bakar dari peralatan yang tersedia.
3. Rute *layout* infrastruktur, *crusher* dan *conveyor* PT. Pertama Mina Sutra Perkasa.
4. Data historis produksi dan penjualan batu kapur.
5. Data harga jual tiap produk gilingan.

3.2.4 Pembuatan Model

3.2.4.1 Metode *Full Costing*

Metode analisis *full costing* data dimulai dengan pengumpulan data penelitian dengan cara mengelompokkan, mengategorikan, dan mengurutkan data sehingga data tersebut mempunyai makna untuk menjawab masalah dan bermanfaat untuk menarik kesimpulan. Aktivitas dalam analisis data kualitatif dilakukan secara interaktif dan terus menerus yaitu dengan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan dan verifikasi. Data diolah dengan komputer menggunakan kalkulator dan program *Microsoft Excel*. Analisis data dikelompokkan menjadi analisis kuantitatif yaitu menghitung harga pokok produksi.

3.2.4.2 Pengumpulan dan Pengelompokan Biaya

Biaya-biaya yang terjadi selama 2014 dikumpulkan dan dikelompokkan berdasarkan biaya produksi dan biaya non produksi. Selanjutnya dianalisis mana yang merupakan komponen-komponen biaya produksi sehingga dapat dilakukan perhitungan harga pokok produksi dengan tepat. Dengan konsep *Input-Proses-Output*, perhitungan harga pokok produksi dapat dilakukan.

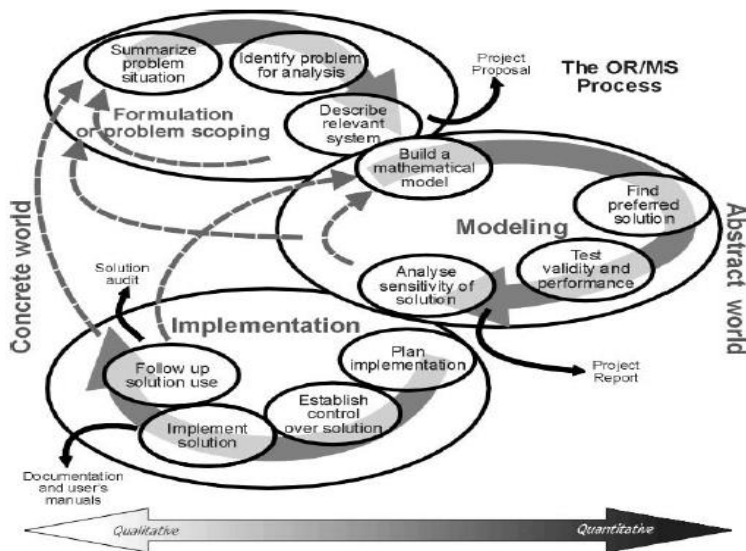


Gambar 3.2 *Input-Proses-Output* Perhitungan Harga Pokok Produksi

3.2.4.3 Pembuatan Model Optimasi Awal

Tahap ini merupakan tahap pemodelan optimasi yang menggunakan pemodelan hand OR methodology yang mengacu pada buku *Management Science Decision Making Through System Thinking* (Daellenbach, H. G. Dan McNickle, D. C. 2013). Gambar 3.3 menampilkan *flowchart* tahap model optimasi. Terlihat dalam gambar tersebut mempunyai tiga tahap, yaitu tahap *problem scoping*, tahap *modeling* dan tahap *implemantation*, namun dalam penelitian ini hanya menggunakan dua tahap, yaitu tahap *problem*

scoping dan tahap *modeling* saja. Dalam pemodelannya, tahapannya yaitu dengan dibuatkan kode ke *software lingo* berdasarkan model matematis yang dibuat. Selanjutnya, model yang telah dibuat diuji dan dilihat apakah hasil yang didapatkan *feasible* atau tidak. Jika hasil yang didapat tidak *feasible* maka kembali ke tahap pembuatan model, namun jika *feasible* dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.



Gambar 3.3 Flowchart Pemodelan Optimasi (Daellenbach Dan McNickle, 2005)

3.2.5 Verifikasi Model

Verifikasi mengacu pada bagaimana membangun model dengan benar (*building the model correctly*), atau bagaimana membangun model sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini, model simulasi akan dibandingkan dengan model konseptual yang telah dibuat sebelumnya. Model optimasi dengan *software* tersebut harus merupakan gambaran yang sesuai dengan model konseptual.

Dengan adanya tahap verifikasi ini diharapkan bisa menjawab pertanyaan apakah model telah diimplementasikan dengan benar di dalam komputer. Untuk itu, model harus dibangun dengan bertahap dan detail yang minimal, kemudian setiap tahap dijalankan untuk diperiksa hasilnya. Cara yang umum dilakukan adalah dengan mengurangi kerumitan/kompleksitas model menjadi lebih sederhana sehingga dapat diramalkan dengan mudah bagaimana hasil simulasi nantinya.

3.2.6 Pembuatan dan *Running* Model Alternatif

Tahap selanjutnya adalah membuat beberapa eksperimen / skenario dari model awal yang bertujuan untuk mengetahui alternatif solusi yang paling optimal. Alternatif terbaik dianalisa berdasarkan alternatif yang mampu menghasilkan produk *mix* untuk mendapatkan *profit* penjualan batu bara maksimal. Pembuatan model alternatif didasarkan proses produksi saat ini.

3.2.7 Analisa Data

Pada tahap ini dilakukan implementasi model untuk menyelesaikan permasalahan yang ada. Pengolahan data dilakukan untuk menyesuaikan data dengan model yang dibuat. Selanjutnya, dilakukan analisa dengan cara mengubah variabel yang ada dalam sistem dan melihat pengaruh perubahan tersebut terhadap sistem atau disebut uji sensitivitas. Dalam analisa juga dilakukan salah satu contoh penggunaan model yang telah dibuat untuk memilih alternatif penjualan batu kapur untuk masing-masing ukuran dan jenis batu kapur paling tepat supaya mengoptimalkan *profit* perusahaan dalam kasus di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa ini. Dan menganalisa alternatif yang dapat dijadikan solusi dalam mengatasi permasalahan omzet penjualan batu kapur.

3.2.8 Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian Tugas Akhir ini. Setelah model alternatif dianalisa, maka akan dapat ditemukan alternatif yang paling baik dan bisa dijadikan sebagai kesimpulan.

3.3 *Timeline* Pengerjaan Tugas Akhir

Berikut adalah Timeline menyangkut perencanaan pengerjaan tugas akhir. Dalam Tabel 3.1 menginformasikan kegiatan apa saja yang bakal dilakukan dan waktu pelaksanaan tiap kegiatan dalam pengerjaan Tugas akhir ini. Pembuatan timeline ini sangat berguna untuk membuat target dalam penyelesaian tugas akhir.

Tabel 3.1 *Timeline* Pengerjaan Tugas Akhir

[illegible]

[Halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB IV

PERHITUNGAN HARGA POKOK PRODUKSI

Sebelum perhitungan harga pokok produksi masing-masing jenis batu kapur di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dibuat, perlu dijabarkan dahulu mengenai segala informasi yang berkaitan dengan sistem produksi tersebut. Dengan adanya penjabaran informasi yang jelas dan detail, diharapkan perhitungan harga pokok produksi dan pemodelan simulasi sistem produksi yang dibuat akan merepresentasikan sistem yang sebenarnya. Selain itu, untuk mampu mendapatkan nilai dari harga pokok produksi batu kapur, diperlukan pengolahan dan penganalisaan konseptual dari sistem yang ada.

4.1 Gambaran Umum Sistem Produksi

4.1.1 Skema *Crushing Plant* 1 dan 2 di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa.

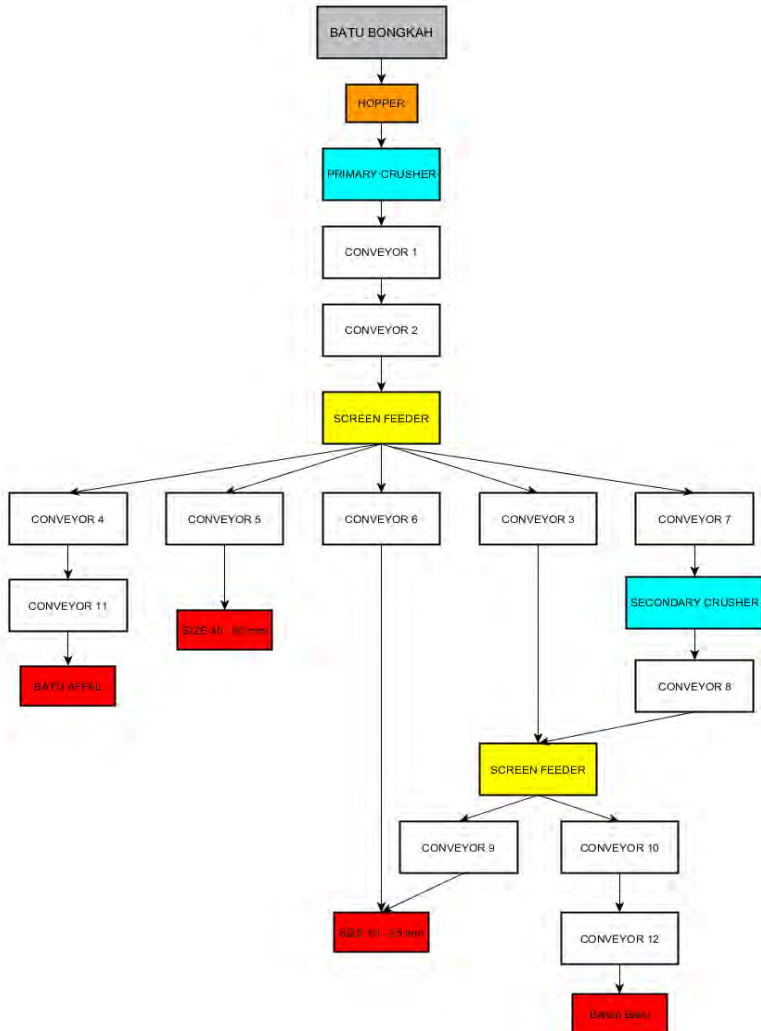
Telah dijelaskan di Bab 2, sistem produksi PT. Pertama Mina Sutra Perkasa Puger, Jember, Jawa Timur dimulai dari proses peledakan (*blasting*), *loading*, *hauling*, peremukan pada *crushing plant* (*breaking*) dan berikutnya menghasilkan beberapa jenis produk batu kapur yang dibedakan dari ukuran yang telah ditentukan. Dalam proses *breaking* PT. Pertama Mina Sutra Perkasa mengoperasikan dua rangkaian *crushing plant* yang mempunyai fungsi peremukan batu kapur kedalam ukuran yang ditentukan. Kemudian, untuk menunjang pasokan batu kapur ke dalam *hopper* di *crushing plant*, peralatan infrastruktur yang digunakan terdiri dari *wheel loader*, *excavator*, dan *dump truck*. *Wheel loader* digunakan dalam proses pengumpulan batu kapur dan *reclaiming* batu kapur ke dalam *hopper* maupun untuk memindahkan batu kapur. *Excavator* digunakan untuk penggalian, pemecah dan pemuatan batu kapur kedalam *dump truck*. Sedangkan *dump truck* sendiri digunakan pada proses *hauling*. *Layout crushing plant* 1 dan *crushing plant* 2 PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dapat dilihat pada gambar 2.2 dan gambar 2.3. Dari *layout* tersebut didapatkan skema *flowchart* untuk *crushing plant*

1 yaitu pada gambar 4.1 dan skema skema *flowchart* untuk *crushing plant* 2 yaitu pada gambar 4.2

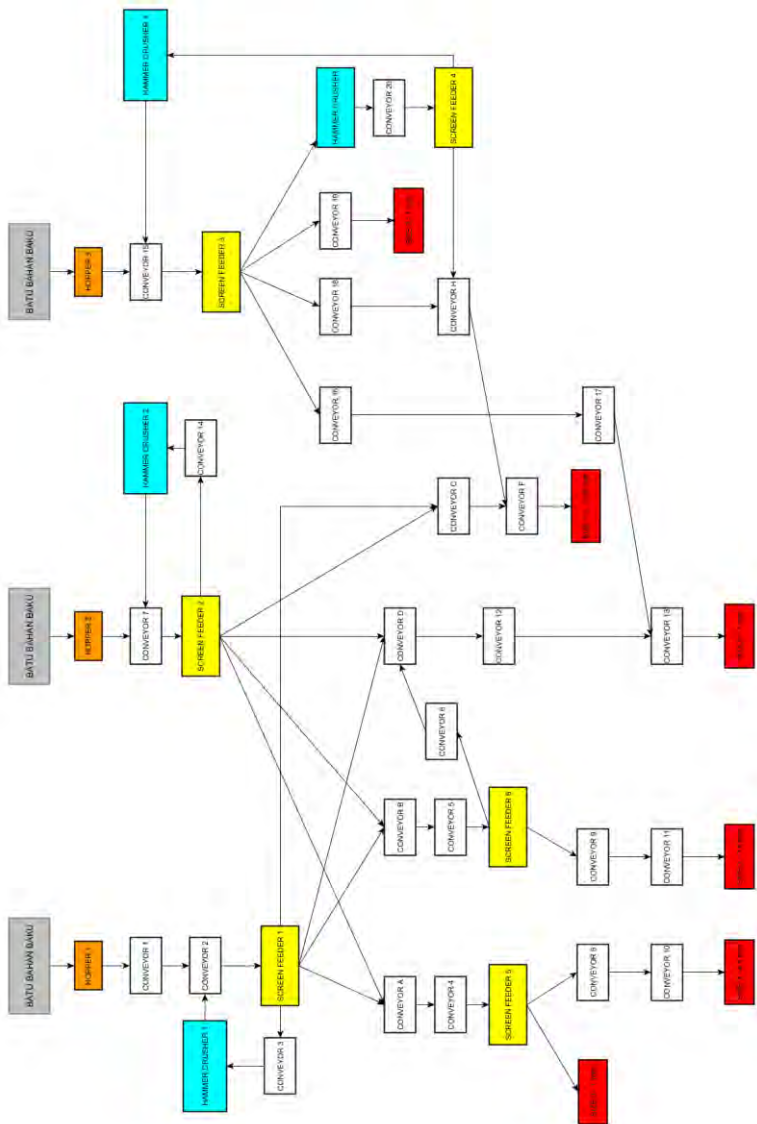
4.1.2 Aktivitas Produksi

Segala aktivitas produksi batu kapur di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa berlangsung pada hari senin hingga umat yang memiliki dua shift untuk tiap harinya, yaitu *shift* pertama beroperasi pada pukul 07.00-15.00 WIB dan *shift* kedua beroperasi pada pukul 15.00-21.00 WIB. Sedangkan untuk hari sabtu hanya menjalankan *shift* 1 yaitu beroperasi pada pukul 07.00-15.00 WIB. Selain proses *blasting* dan *crushing plant* 2 yang dikerjakan hanya pada *shift* 1 setiap harinya, proses lainnya baik itu *loading*, *hauling*, dan *breaking* di *crushing plant* 1 beroperasi sesuai aktivitas produksi yang ada. Untuk proses *hauling* dan *loading*, PT. PMSP mengoperasikan empat buah *dump truck*, dua buah *excavator*, dan empat buah *wheel loader* yang berkerja secara bergantian setiap harinya menurut kebutuhan.

Karyawan perusahaan di PT. PMSP dibagi kedalam dua jenis karyawan, yaitu dikenal dengan nama karyawan *crew* dan karyawan *non crew*. Kedua jenis karyawan dibedakan menurut jam kerja dan fungsi pekerjaannya.



Gambar 4.1 Skema *Flowchart Crushing Plant 1* PT. PMSP (Sumber: PT. PMSP)



Gambar 4.2 Skema *Flowchart Crushing Plant* 2 PT. PMSP (Sumber: PT. PMSP)

4.2 Perhitungan Harga Pokok Produksi Batu kapur

Dalam perhitungan harga pokok produksi batu kapur digunakan metode *full costing*, dimana dalam penentuan harga pokok produksi memperhitungkan semua unsur biaya produksi kedalam harga pokok produksi. Harga pokok produksi terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung dan biaya *overhead* pabrik, baik yang berperilaku variabel maupun tetap ditambah dengan biaya nonproduksi (biaya pemasaran dan biaya administrasi dan umum). Biaya - biaya tersebut berdasarkan data historis selama satu tahun pada tahun 2014 yang dikeluarkan perusahaan, antara lain berdasarkan pada pemakaian energi untuk masing masing sistem produksi yang ada di PT. PMSP dan data jumlah karyawan yang ada digunakan. Serta biaya lainnya, mulai dari bahan baku hingga barang jadi. Perhitungan harga pokok produksi didapatkan dengan menghitung HPP per kg masing masing produk batu kapur yang dihasilkan dari setiap sistem dan elemen produksi yang ada.

Unsur - unsur biaya yang ada di PT. PMSP terdiri dari:

1. Biaya Tenaga Kerja Karyawan *Non Crew*
2. Biaya Pada Proses Peledakan (*Blasting*)
3. Biaya Pada Proses *Hauling + Loading*
4. Biaya Pada *Crushing Plant 1*
5. Biaya Pada *Crushing Plant 2*

Kelima unsur biaya tersebut mempunyai penjelasan sebagai berikut:

1. Biaya Tenaga Kerja Karyawan *Non Crew*

Biaya tenaga kerja karyawan *non crew* merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan selama satu tahun untuk karyawan perusahaan yang tidak terlibat langsung dengan proses produksi seperti gaji *site manager*, karyawan kantor, laborat, *security* dan sebagainya. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis batu

bongkah, batu affal, *size* 40-60 mm, *size* 10-25 mm, *size* 3-4.5 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 1.2-3.35 mm dan *size* 0-1 mm berjumlah total 305.426.110 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Biaya Tenaga Kerja Karyawan

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1.	Karyawan	Site manager	1	orang	Rp 5.000.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 60.000.000,00
		kantor	4	orang	Rp 3.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 168.000.000,00
		Laborat	2	orang	Rp 2.000.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 48.000.000,00
		Security	4	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 72.000.000,00
		Crew Jembatan Timbang	4	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 72.000.000,00
		Penjaga Malam	2	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 36.000.000,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 456.000.000,00
JUMLAH Batu Kapur (Kg)								305.426.110
HPP Rupiah/Kilogram pada Karyawan Non Crew								Rp 1,49

2. Biaya Pada Proses Peledakan (*Blasting*)

Biaya Pada Proses Peledakan (*Blasting*) merupakan biaya yang terlibat langsung dalam proses peledakan selama satu tahun. Biaya tersebut antara lain biaya pembelian untuk bahan baku peledakan seperti danfo, daya gel, dan *detonator*. Selain itu terdapat biaya untuk tenaga kerja yang terlibat langsung dalam proses tersebut yaitu juru bor. Satuan gaji per bulannya didapatkan berdasarkan Upah Minimum Kota (UMK) kota Jember. Dan juga ada biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan oli. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis batu bongkah, batu affal, *size* 40-60 mm, *size* 10-25 mm, *size* 3-4.5 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 1.2 -3.35 mm dan *size* 0-1 mm berjumlah total 305.426.110 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Proses *Blasting*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
1	Pengeboran	Juru bor (Gaji)	6	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 108.000.000,00
		Juru bor HCD (Gaji)	1	orang	Rp 1.750.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 21.000.000,00
		Oli kyoso (Compressor)	3.162	lt	Rp 28.000,00/liter	1	lt	Rp 88.536.000,00
		Oli meditrans (Compressor)	305	lt	Rp 29.000,00/liter	1	lt	Rp 8.845.000,00
		Solar (Compressor)	44.285	lt	Rp 8.200,00/liter	1	lt	Rp 363.137.000,00
Total								Rp 589.518.000,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
2	Peledakan	DANFO	42.650	kg	USD 0,86/Kg	1	kg	Rp 506.170.200,00
		Daya Gel	1.360,62	kg	USD 2,88/Kg	1	kg	Rp 54.076.481,28
		Detonator	24.868	Biji	USD 1/Kg	1	biji	Rp 343.178.400,00
		Shipment	2	kali	USD 2885,4/Ship	1	kali	Rp 79.637.040,00
		Juru ledak (Gaji)	2	orang	Rp 2.000.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 48.000.000,00
		Kepala tenik tambang	1	orang	Rp 2.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 30.000.000,00
Total								Rp 1.061.062.121,28
Sub Total (Rupiah)								Rp 1.650.580.121,28
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								305.426.110
HPP Rupiah/Kilogram pada proses Blasting								Rp 5,40

3. Biaya Pada Proses *Hauling + Loading*

Biaya pada proses *hauling + loading* merupakan biaya yang terlibat langsung dalam proses *hauling + loading* selama satu tahun, antara lain biaya untuk operasional dalam menjalankan infrastruktur yang ada seperti pemakaian solar dan oli untuk *dump truck*, *excavator* dan *wheel loader*, selain itu ada biaya tenaga kerja yang terlibat langsung yaitu gaji untuk *crew*. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis batu bongkah, batu affal, *size* 40-60 mm, *size* 10-25 mm, *size* 3-4.5 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 1.2-3.35 mm dan *size* 0-1 mm berjumlah total 305.426.110 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada Proses *Loading* dan *Hauling*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
1.	Excavator	Crew (Gaji)	4	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 72.000.000,00
		Solar	89.140	lt	Rp 8.200,00/liter	1	lt	Rp 730.948.000,00
		Oli Turalik	501	lt	Rp 27.000,00/liter	1	lt	Rp 13.527.000,00
		Oli Meditran	563	lt	Rp 29.000,00/liter	1	lt	Rp 16.327.000,00
Total								Rp 832.802.000,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
2	Wheel Loader	Crew (Gaji)	4	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 72.000.000,00
		Solar	79.790	lt	Rp 8.200,00/liter	1	lt	Rp 654.278.000,00
		Oli Turalik	3.338	lt	Rp 27.000,00/liter	1	lt	Rp 90.126.000,00
		Oli Meditran	1.248	lt	Rp 29.000,00/liter	1	lt	Rp 36.192.000,00
Total								Rp 852.596.000,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
3	Dump Truck	Crew (Gaji)	5	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 90.000.000,00
		Solar	16.900	lt	Rp 8.200,00/liter	1	lt	Rp 138.580.000,00
		Oli Turalik	129	lt	Rp 27.000,00/liter	1	lt	Rp 3.483.000,00
		Oli Meditran	294	lt	Rp 29.000,00/liter	1	lt	Rp 8.526.000,00
Total								Rp 240.589.000,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
4	Mekanik	Crew Mekanik (Gaji)	3	orang	Rp 1.750.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 63.000.000,00
		Kepala Mekanik (Gaji)	1	orang	Rp 2.000.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 24.000.000,00
Total								Rp 87.000.000,00
Sub Total (Rupiah)								Rp2.012.987.000,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								305.426.110
HPP Rupiah/Kilogram pada Proses Loading + Hauling								Rp 6,59

4. Biaya pada *Crushing Plant* 1

Pada perhitungan *crushing plant* 1 aktivitas kerja mesin menggunakan dua *shift*, yaitu *shift* 1 dan *shift* 2 di hari Senin-Jumat dan hanya menggunakan *shift* 1 di hari Sabtu, sehingga satu minggu mesin tersebut bekerja selama 78 jam. Dengan satu tahun terdapat 52 Minggu, maka dalam 1 tahun *crushing plant* 1 bekerja selama 4056 jam.

b. Biaya Conveyor Hasil Batu Affal

Biaya *conveyor* hasil batu affal merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan conveyor untuk produksi hasil batu affal. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis batu affal berjumlah total 23.040.000 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Conveyor* hasil Batu Affal

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
1.	Conveyor	Conveyor 4	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
		Conveyor 11	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
		conveyor putar 1	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
Total								Rp 58.406.400,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 58.406.400,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								23.040.000
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 1								Rp 2,54

c. Biaya Conveyor Hasil Size 40-60 mm

Biaya *conveyor* hasil *size* 40-60 mm merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan conveyor untuk produksi hasil *size* 40-60 mm. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 40-60 mm berjumlah total 57.298.762 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Conveyor* hasil *Size 40-60mm*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1.	Conveyor	Conveyor 5	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 26.769.600,00
		conveyor putar 2	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
Total								Rp 46.238.400,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 46.238.400,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								57.298.762
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 1								Rp 0,81

d. Biaya pada *Crushing Plant* 1 Setelah *Screen* 1 hingga *screen* 2

Biaya pada *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2 merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan mesin dalam proses produksi batu kapur. Biayanya terdiri dari biaya pemakaian listrik selama satu tahun dalam masing-masing infrastrukturnya, antara lain meliputi *hammer crusher*, *conveyor*, dan *screen*. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 10-25 mm, *size* 3-4.5 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 1.2-3.35 mm dan *size* 0-1 mm berjumlah total 127.977.438 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Crushing Plant* 1 setelah *Screen 1* hingga *screen 2*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1.	Crusher + Conveyor	conveyor 7	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
		Secondary Crusher	44,7	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 217.563.840,00
		conveyor 8	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 26.769.600,00
		conveyor 3	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 26.769.600,00
		Screen 2	15	kWh	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 73.008.000,00
Total								Rp 363.579.840,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 363.579.840,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								127.977.438
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 1								Rp 2,84

e. Biaya Conveyor Hasil Size 10-25 mm

Biaya *conveyor* hasil *size* 10-25 mm merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan conveyor untuk produksi hasil *size* 10-25 mm. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 10-25 mm berjumlah total 73.565.650 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Conveyor* hasil *Size 10-25mm*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
1.	conveyor	Conveyor 6	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 26.769.600,00
		conveyor 9	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
		conveyor putar 3	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
Total								Rp 65.707.200,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 65.707.200,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								73.565.650
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 1								Rp 0,89

f. Biaya Conveyor Hasil Bahan Baku

Biaya *conveyor* hasil bahan baku merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan conveyor untuk produksi hasil bahan baku. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 3-4.5 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 1.2-3.35 mm dan *size* 0-1 mm yang berjumlah total 54.411.788 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Conveyor* hasil Bahan Baku

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1.	Conveyor	conveyor 10	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
		conveyor 12	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	4056	Hours	Rp 19.468.800,00
Total								Rp 38.937.600,00

Sub Total (Rupiah)								Rp 38.937.600,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								54.411.788
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 1								Rp 0,72

5. Biaya pada *Crushing Plant 2*

Pada perhitungan *crushing plant 2* aktivitas kerja mesin hanya menggunakan *shift* 1 di hari Senin - Sabtu, sehingga satu minggu mesin tersebut bekerja selama 48 jam. Dengan satu tahun terdapat 52 Minggu, maka dalam 1 tahun *crushing plant 2* bekerja selama 2496 jam.

a. Biaya pada *Crushing Plant 2* untuk *Hopper 1* hingga *Screen 1* dan *Hopper 2* hingga *Screen 2*

Biaya pada *crushing plant 2* untuk *hopper 1* hingga *screen 1* dan *hopper 2* hingga *screen 2* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan mesin dalam proses produksi batu kapur. Biayanya terdiri dari biaya pemakaian listrik selama satu tahun dalam masing-masing infrastrukturnya, antara lain meliputi *hammer crusher*, *conveyor*, *screen*, dan *vibro*. Pemakaian solar pada genset apabila terjadi keadaan darurat seperti listrik mati dan kekurangan daya. Dan juga biaya operasional pegawai yang terlibat langsung pada proses tersebut. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 3-4.5 mm, *size* 2-3.5 mm, *size* 1.2-3.35 mm dan *size* 0-1 mm yang berjumlah total 54.411.788 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper 1* Hingga *Screen 1* dan *Hopper 2* Hingga *Screen 2*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
1.	Hopper 1	conveyor 1	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 2	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		Screen 1	15	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 44.928.000,00
		conveyor 3	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		hammer 1	44,7	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 133.885.440,00
		Vibro 1	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 11.980.800,00
Total								Rp 240.215.040,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
2.	Hopper 2	conveyor 7	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		Screen 2	15	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 44.928.000,00
		conveyor 14	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		hammer 2	44,7	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 133.885.440,00
		Grease	120	Kg	Rp 70.000,00/Kg	1	Kg	Rp 8.400.000,00
		Vibro 2	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 11.980.800,00
Total								Rp 232.141.440,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
3	Genset	Oli Meditran	25	lt	Rp 29.000,00/liter	1	lt	Rp 725.000,00
		Solar	6110	lt	Rp 8.200,00/liter	1	lt	Rp 50.102.000,00
Total								Rp 50.827.000,00
No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
4	Pegawai	Operator (Gaji)	6	orang	Rp 1.500.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 108.000.000,00
		Product Sizing (Gaji)	10	orang	Rp 1.250.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 150.000.000,00
		Elektrik (Gaji)	1	orang	Rp 1.750.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 21.000.000,00
		Mekanik (Gaji)	1	orang	Rp 1.750.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 21.000.000,00
		Kepala Produksi (Gaji)	1	orang	Rp 2.000.000,00/Bulan	12	bulan	Rp 24.000.000,00
Total								Rp 324.000.000,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 847.183.480,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								54.411.788
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2								Rp 15,57

b. Biaya pada *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper 3* hingga *Screen 3*

Biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper 3* hingga *screen 3* merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menjalankan mesin dalam proses produksi batu kapur. Biayanya terdiri dari biaya pemakaian listrik selama satu tahun dalam masing-masing infrastrukturnya, antara lain meliputi *hammer crusher*, *conveyor*, *screen*, dan *vibro*. Sedangkan jumlah batu kapur

yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 1.2-3.35 mm dan *size* 0-1 mm yang berjumlah total 41.017.958 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper* 3 Hingga *Screen* 3

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1	Hopper 3	conveyor 15	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		Screen 3	15	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 44.928.000,00
		hammer 2	44,7	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 133.885.440,00
		conveyor 20	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		Screen 4	15	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 44.928.000,00
		Vibro 3	4	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 11.980.800,00
Total								Rp 268.669.440,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 268.669.440,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								41.017.958
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2								Rp 6,55

c. Biaya *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper* 1 dari *Screen* 1 dan *Hopper* 2 dari *Screen* 2 ke *Screen* 5

Biaya *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 5 merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan mesin dalam proses produksi batu kapur. Biayanya terdiri dari biaya pemakaian listrik selama satu tahun dalam masing-masing infrastrukturnya, antara lain meliputi *conveyor* dan *screen*. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 3-4.5 mm dan *size* 0-1 mm yang berjumlah total 17.648.408 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper* 1 dari *Screen* 1 dan *Hopper* 2 dari *Screen* 2 ke *Screen* 5

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1	Conveyor	conveyor A	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 4	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		Screen 5	15	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 44.928.000,00
Total								Rp 77.875.200,00

Sub Total (Rupiah)	Rp 77.875.200,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)	17.648.408
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2	Rp 4,41

d. Biaya *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper* 1 dari *Screen* 1 dan *Hopper* 2 dari *Screen* 2 ke *Screen* 6

Biaya *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 6 merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan mesin dalam proses produksi batu kapur. Biayanya terdiri dari biaya pemakaian listrik selama satu tahun dalam masing-masing infrastrukturnya, antara lain meliputi *conveyor* dan *screen*. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 2-3.5 mm dan *size* 0-1 mm yang berjumlah total 16.672.978 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Crushing Plant* 2 untuk *Hopper* 1 dari *Screen* 1 dan *Hopper* 2 dari *Screen* 2 ke *Screen* 6

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1	Conveyor	conveyor B	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 5	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		Screen 6	15	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 44.928.000,00
Total								Rp 77.875.200,00

Sub Total (Rupiah)	Rp 77.875.200,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)	16.672.978
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2	Rp 4,67

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan (Rp.)
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	
1.	Conveyor	conveyor 9	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 11	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
Total								Rp 32.947.200,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 32.947.200,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								6.209.200
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2								Rp 5.31

g. Biaya Conveyor hasil Size 1.2-3.35 mm

Biaya *conveyor* hasil *size* 1.2-3.35 mm merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan conveyor untuk produksi hasil *size* 1.2-3.35 mm. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 1.2-3.35 mm berjumlah total 30.554.180 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Conveyor* hasil *Size* 1.2–3.35 mm

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1	Conveyor	conveyor C	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor F	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 18	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor H	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
Total								Rp 65.894.400,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 65.894.400,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								30.554.180
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2								Rp 2,16

h. Biaya Conveyor hasil Size 0-1 mm

Biaya *conveyor* hasil *size* 0-1 mm merupakan biaya pemakaian listrik selama satu tahun yang dikeluarkan untuk menjalankan conveyor untuk produksi hasil *size* 0-1 mm. Sedangkan jumlah batu kapur yang dihasilkan dalam proses ini terdiri dari batu kapur jenis *size* 0-1 mm berjumlah total 10.463.778 Kg. Perhitungan HPP pada proses ini dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perhitungan HPP/Kilogram Batu Kapur pada *Conveyor* hasil *Size 0-1 mm*

No	Kategori	Item Pengeluaran	Volume		Biaya Satuan	Variabel		Biaya Keseluruhan
			Jumlah	Satuan		Jumlah	Satuan	(Rp.)
1.	Conveyor	conveyor 6	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor D	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 12	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 13	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 16	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 17	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
		conveyor 19	5,5	kW	Rp 1.200,00/kWh	2496	Hours	Rp 16.473.600,00
Total								Rp 115.315.200,00
Sub Total (Rupiah)								Rp 115.315.200,00
JUMLAH Batu Kapur yang dihasilkan (Kg)								10.463.778
HPP Rupiah/Kilogram pada Crushing Plant 2								Rp 11.02

Seperti telah dijelaskan sebelumnya, Perhitungan HPP menggunakan metode *full costing*. Untuk mendapatkan HPP dari masing-masing klasifikasi jenis batu kapur yaitu dengan menghitung berdasarkan biaya dari elemen dan proses apa saja yang terlibat dalam pembuat pada jenis batu kapur tersebut, baik yang langsung maupun yang tidak langsung.

4.2.1 Perhitungan HPP jenis Batu Bongkah

Dalam perhitungan HPP untuk jenis batu bongkah, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), dan biaya pada proses *hauling + loading*.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3 didapatkan HPP/Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. Dan HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *hauling + loading* sebesar Rp6,59. Dari ketiga elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk batu bongkah sebesar Rp13,49.

4.2.2 Perhitungan HPP Jenis Batu Affal

Dalam perhitungan HPP untuk jenis batu affal, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 proses perhitungan biaya yang terlibat

yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling + loading*, biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 dan biaya *conveyor* hasil batu affal.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *Hauling + Loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil batu affal sebesar Rp2,54. Dari kelima elemen tersebut, maka HPP/Kilogram untuk batu affal sebesar Rp20,41.

4.2.3 Perhitungan HPP Jenis Size 40-60 mm

Dalam perhitungan HPP untuk jenis *size* 40-60 mm, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling + loading*, biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 dan biaya *conveyor* hasil *size* 40-60 mm.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4 dan Tabel 4.6 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *hauling + loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil *size* 40-60 mm sebesar Rp0,81. Dari kelima elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk *size* 40-60 mm sebesar Rp18,68.

4.2.4 Perhitungan HPP Jenis Size 10 - 25 mm

Dalam perhitungan HPP untuk jenis *size* 10 - 25 mm, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling + loading*,

biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 dan biaya *conveyor* hasil *size* 10-25 mm.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *Hauling + Loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2 sebesar Rp2,84. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil *size* 10 - 25 mm sebesar Rp0,89. Dari keenam elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk *size* 10 - 25 mm sebesar Rp21,61.

4.2.5 Perhitungan HPP Jenis Size 3-4.5 mm

Dalam perhitungan HPP untuk jenis *size* 3-4.5 mm, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 serta gambar 4.2 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling + loading*, biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1, *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2, biaya *conveyor* hasil bahan baku, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 5 dan *conveyor* hasil *size* 3-4.5 mm.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.7, Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.12, dan Tabel 4.14 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49 / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *Hauling + Loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing Plant* 1 setelah *Screen* 1 hingga *screen* 2 sebesar Rp2,84. HPP / Kilogram untuk biaya pada *conveyor* hasil bahan baku sebesar Rp0,72. HPP / Kilogram untuk biaya pada

crushing plant 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2 sebesar Rp15,57. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 5 sebesar Rp4,41. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil *size* 3-4.5 sebesar Rp4,59. Dari kesembilan elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk *size* 3-4.5 mm sebesar Rp46,00.

4.2.6 Perhitungan HPP Jenis Size 2-3.5 mm

Dalam perhitungan HPP untuk jenis *size* 2-3.5 mm, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 serta gambar 4.2 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling* + *loading*, biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1, *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2, biaya *conveyor* hasil bahan baku, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 6 dan *conveyor* hasil *size* 2-3.5 mm.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.7, Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.13, dan Tabel 4.15 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *hauling* + *loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2 sebesar Rp2,84. HPP / Kilogram untuk biaya pada *conveyor* hasil bahan baku sebesar Rp0,72. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2 sebesar Rp15,57. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 6 sebesar Rp4,67. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil *size* 2-3.5 mm sebesar

Rp5,31. Dari kesembilan elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk *size* 2-3.5 mm sebesar Rp46,98.

4.2.7 Perhitungan HPP Jenis Size 1.2-3.35 mm

Dalam perhitungan HPP untuk jenis *size* 1.2-3.35 mm, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 serta gambar 4.2 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling + loading*, biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1, *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2, biaya *conveyor* hasil bahan baku, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 3 hingga *screen* 3 dan *conveyor* hasil *size* 1.2-3.35 mm.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.7, Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11, dan Tabel 4.16 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *Hauling + Loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. HPP / Kilogram untuk biaya pada *Crushing plant 1 setelah screen 1 hingga screen 2* sebesar Rp2,84. HPP / Kilogram untuk biaya pada *conveyor* hasil bahan baku sebesar Rp0,72. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2 sebesar Rp15,57. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 3 hingga *screen* 3 sebesar Rp6,55. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil *size* 1.2-3.35 mm sebesar Rp2,16. Dari kesembilan elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk *size* 1.2-3.35 mm sebesar Rp45,71.

4.2.8 Perhitungan HPP Jenis Size 0-1 mm

Dalam perhitungan HPP untuk jenis *size* 0-1 mm, elemen dan berdasarkan gambar 4.1 serta gambar 4.2 proses perhitungan biaya yang terlibat yaitu biaya tenaga kerja karyawan *non crew*, biaya pada proses peledakan (*blasting*), biaya pada proses *hauling*

+ *loading*, biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1, *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2, biaya *conveyor* hasil bahan baku, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 3 hingga *screen* 3, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 5, *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 6 dan *conveyor* hasil *size* 0-1 mm.

Dari Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.7, Tabel 4.9, Tabel 4.10, Tabel 4.11, Tabel 4.12, Tabel 4.13 dan Tabel 4.17 didapatkan HPP / Kilogram untuk biaya tenaga kerja karyawan *non crew* sebesar Rp1,49. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses peledakan (*blasting*) sebesar Rp5,40. HPP / Kilogram untuk biaya pada proses *Hauling* + *Loading* sebesar Rp6,59. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 hingga *screen* 1 sebesar Rp4,39. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 1 setelah *screen* 1 hingga *screen* 2 sebesar Rp2,84. HPP / Kilogram untuk biaya pada *conveyor* hasil bahan baku sebesar Rp0,72. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 hingga *screen* 1 dan *hopper* 2 hingga *screen* 2 sebesar Rp15,57. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 3 hingga *screen* 3 sebesar Rp6,55. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 5 sebesar Rp4,41. HPP / Kilogram untuk biaya pada *crushing plant* 2 untuk *hopper* 1 dari *screen* 1 dan *hopper* 2 dari *screen* 2 ke *screen* 6 sebesar Rp4,67. Dan HPP / Kilogram untuk biaya *conveyor* hasil *size* 0-1 mm sebesar Rp11,02. Dari kesebelas elemen tersebut, maka HPP / Kilogram untuk *size* 0-1 mm sebesar Rp63,48.

BAB V

PEMODELAN MATEMATIS DAN OPTIMASI PENJUALAN PRODUK *MIX* BATU KAPUR

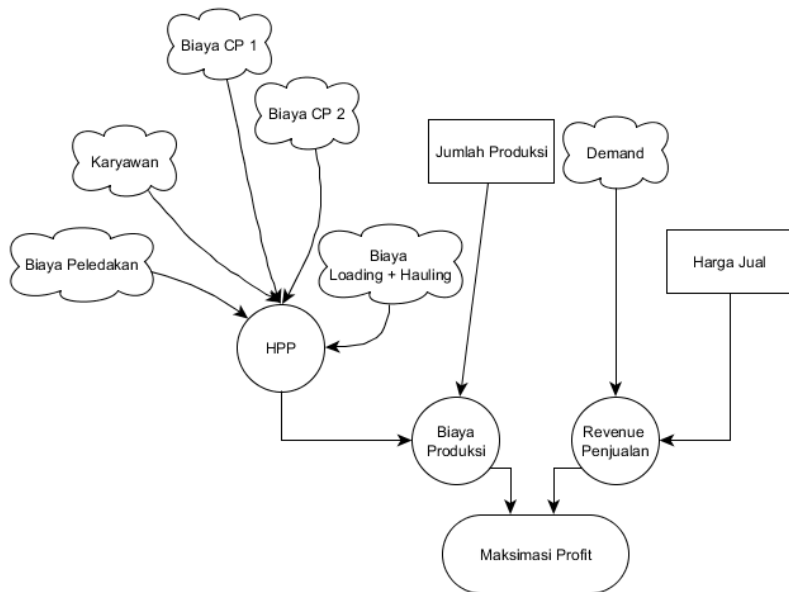
Metodologi *Operation Research* merupakan suatu pendekatan fungsional yang menggunakan model matematika untuk menggambarkan hubungan antar elemen pada suatu sistem. Model matematika ini perlu dibuat untuk bisa merepresentasikan sistem yang ada di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa. Model ini dikembangkan sesuai dengan sistem permasalahan yang ada di perusahaan tersebut. Setelah model konseptual terbentuk, selanjutnya dibuatlah model matematis untuk optimasi produk *mix* batu kapur. Model matematika yang digunakan adalah model *integer linier programming* yang terdiri dari suatu fungsi tujuan dan beberapa fungsi pembatas (*constrain*). Fungsi tujuan menggambarkan ukuran performansi dari elemen permasalahan yang telah ditentukan yaitu maksimasi *profit* penjualan batu kapur. Setelah fungsi tujuan dan fungsi pembatas (*constrain*) dibuat, selanjutnya dilakukan optimasi *profit* produk *mix* penjualan batu kapur dengan metode *linier programming* menggunakan perangkat lunak Lingo 13.

5.1 *Influence Diagram* Optimasi Penjualan Batu Kapur

Guna mempermudah pembuatan model matematis, digunakan suatu metode konseptual yaitu *influence diagram* untuk merepresentasikan sistem produksi yang ada di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa. *Influence diagram* ini tergambar pada gambar 5.1.

Berdasarkan *influence diagram* tersebut, dapat dijelaskan bahwa tujuan dari sistem amatan adalah untuk memaksimalkan *profit* produk *mix* penjualan batu kapur. Dari *influence diagram* juga mempertimbangkan aspek – aspek pendapatan dan biaya-biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk menghasilkan produk *mix* batu kapur. Elemen-elemen sistem yang dipertimbangkan dalam model amatan yaitu:

1. Fungsi Objektif: *Profit*
2. *Uncontrolable element*: Harga jual dan harga pokok produksi per unit, jumlah permintaan tiap jenis batu kapur, jumlah minimal produksi tiap jenis batu kapur, prosentase jumlah prouduksi tiap jenis batu kapur, serta waktu kerja mesin pada *crushing plant* 1 dan 2
3. *Decision variable* atau *controlable element*: Jumlah batu kapur, harga jual batu kapur, variable keputusan harga jual.



Gambar 5.1 *Influence Diagram* Optimasi Penjualan Batu Kapur

5.2 Model Matematika

Pengembangan model matematika mempertimbangkan dari segala elemen dan proses sistem produksi yang ada di PT. PMSP, yaitu, *shift* kerja, proses peledakan (*blasting*), proses pada *hauling + loading* serta proses produksi pada *crushing plant* 1 dan *crushing plant* 2.

Dalam pengembangannya, terdapat dua model alternatif yang dibuat, yaitu:

1. Alternatif 1

➤ Indeks

Berikut ini merupakan indeks yang terdapat dalam model matematis logika optimasi penjualan produk *mix* batu kapur untuk alternatif 1, antara lain:

i : indeks untuk tiap jenis batu kapur

j : Indeks untuk variasi harga jual ke $j = 1$ sampai 5

- $i=1$: jenis batu bongkah
- $i=2$: jenis batu affal
- $i=3$: jenis *size* 0 - 1 mm
- $i=4$: jenis *size* 1.2 – 3.35 mm
- $i=5$: jenis *size* 2 – 3.5 mm
- $i=6$: jenis *size* 3 – 4.5 mm
- $i=7$: jenis *size* 10 – 25 mm
- $i=8$: jenis *size* 40 – 60 mm

➤ Parameter

Berikut ini merupakan parameter-parameter yang digunakan dalam logika optimasi penjualan produk *mix* batu kapur, antara lain:

- Harga_Jual_{ij} : Harga Jual Batu Kapur untuk jenis i dengan variasi harga jual j
- Min_Penjualan_{ij} : Jumlah minimal penjualan Batu kapur untuk jenis i dengan variasi harga jual j
- HPP_Produk_{ij} : Harga pokok produksi batu kapur untuk jenis i dengan variasi harga jual j

Maks_Penjualan_{ij} : Jumlah maksimal penjualan batu kapur untuk jenis i dengan variasi harga jual j

Prosentase_batu_i : Prosentase jumlah batu kapur untuk jenis i

➤ *Variable*

X_{ij} : Jumlah penjualan batu kapur untuk jenis i dengan variasi harga jual j

Y_{ij} : Bernilai 1 ketika memilih batu jenis i dengan variasi harga jual j dan bernilai 0 untuk yang lain.

➤ *Fungsi Tujuan*

Fungsi Tujuan yang digunakan dalam model penjualan produk *mix* batu kapur adalah maksimasi *profit*. Komponen biaya yang dipertimbangkan dalam alternatif 1 terdiri dari harga jual batu kapur, harga pokok produksi batu kapur dan jumlah penjualan batu kapur.

Maximize *Profit* (Z) = (Harga Jual – Harga pokok produksi) *
Jumlah penjualan batu kapur

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} * (\text{Harga_Jual}_{ij} - \text{HPP_Produk}_{ij}) \quad (5.1)$$

➤ *Batasan*

Batasan yang digunakan dalam model ini terdiri dari batasan memilih keputusan harga jual tiap produk, batasan permintaan (*demand*) “*if than constraint*”, batasan prosentase produk, batasan sumber daya yang tersedia, batasan khusus batu affal, batasan bilangan integer, dan batasan bilangan biner. Berikut ini merupakan batasan yang digunakan dalam model matematis masalah penjualan produk *mix* alternatif 1.

- Batasan memilih keputusan harga jual tiap produk

$$\sum_{j=0}^m Y_{ij} = 1 \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.2)$$

- Batasan permintaan (*demand*)

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq \sum_{j=1}^m \text{Min_Penjualan}_{ij} * Y_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.3)$$

$$\sum_{j=1}^m \text{Min_Penjualan}_{ij} - X_{ij} \leq \sum_{j=1}^m \text{Maks_Penjualan}_{ij} * (1 - Y_{ij})$$

$$\forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.4)$$

- Batasan prosentase produk

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} * Y_{ij} \leq \sum_{i=1}^n \text{Prosentase_Batu}_i * 492520000$$

$$\forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.5)$$

- Batasan sumber daya yang tersedia

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq 492520000 \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.6)$$

- Batasan khusus batu affal

$$X_{25} \geq 23040000 \quad (5.7)$$

- Batasan bilangan integer

$$X_{ij} \in \text{integer} \quad (5.8)$$

- Batasan bilangan Biner

$$Y_{ij} \in \{1,0\} \quad (5.9)$$

2. Alternatif 2

Model yang dikembangkan dalam Alternatif 2 yaitu merubah fungsi tujuan maksimasi profit dengan menambah *variable* jumlah produksi batu kapur di dalam perhitungannya serta menambahkan batasan baru.

➤ *Variable*

Z_i : Jumlah produksi batu kapur untuk jenis i

➤ Fungsi Tujuan

Fungsi Tujuan yang digunakan dalam model penjualan produk *mix* batu kapur untuk alternatif 2 yaitu:

Maximize = (Harga Jual * Jumlah penjualan batu kapur) – (Harga pokok produksi * Jumlah produksi batu kapur)

$$= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (X_{ij} * \text{Harga_Jual}_{ij}) - (Z_i * \text{HPP_Produk}_i) \quad (5.10)$$

➤ Batasan

Batasan yang digunakan dalam model ini merubah batasan prosentase produk, batasan sumber daya yang tersedia. Selanjutnya, ditambahkan batasan baru yaitu jumlah produksi lebih besar, batasan $Z \geq 0$. Berikut ini merupakan batasan yang digunakan dalam model matematis masalah penjualan produk *mix* alternatif 2.

- Batasan sumber daya yang tersedia

$$Z_i \leq 492520000 \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.11)$$

- Batasan prosentase batu

$$Z_i \geq \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} * Prosentase_Batu_i \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.12)$$

- Batasan jumlah produksi lebih besar

$$Z_i \geq \sum_{j=1}^m X_{ij} \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.13)$$

- Batasan $Z \geq 0$

$$Z_i \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (5.14)$$

- Batasan bilangan integer

$$Z_i \in integer \quad (5.15)$$

5.3 Eksperimen dan Analisis

Setelah tahapan model matematis dibuat, diperlukan beberapa eksperimen dalam pengembangan penjualan produk *mix* batu kapur. Eksperimen tersebut terbagi menjadi 2 alternatif dengan membedakan *unit cost* penjualan dengan mengambil nilai minimal, nilai tengah dan nilai maksimum harga penjualan batu kapur. Dari beberapa eksperimen tersebut berikutnya dilakukan analisis terhadap hasil *running* yang dihasilkan pada *software Lingo 13*.

Guna mempermudah pemahaman dalam penyajian data di pembahasannya, digunakan contoh numerik menggunakan *spread sheet* di Ms Excel. *Spread sheet* tersebut berisikan data - data yang digunakan dan juga rekap hasil *running* Lingo. Data yang digunakan dalam contoh numerik ini adalah:

- Dari Tabel 5.1 mengenai informasi harga pokok produksi dari tiap jenis produk batu kapur merupakan nilai HPP yang didapatkan dari perhitungan pada Bab 4. Sedangkan Tabel 5.2 menginformasikan harga jual tiap jenis produk batu kapur yang bersumber dari *range* harga yang dikeluarkan PT. Pertama Mina Sutra Perkasa dalam menjual tiap jenis produk dalam satuan rupiah per kilogram.

Tabel 5.1 Harga Pokok Produksi

No	Jenis Produk	HPP
1	Batu Bongkah	Rp13,49
2	Batu Affal	Rp20,41
3	Size 40-60mm	Rp18,68
4	Size 10-25 mm	Rp21,61
5	Size 3 - 4.5 mm	Rp46,00
6	Size 2 - 3.5 mm	Rp46,98
7	Size 1.2 - 3.35 mm	Rp45,71
8	Size 0 - 1 mm	Rp63,66

Tabel 5.2 Harga jual tiap jenis batu kapur (Sumber PT. PMSP)

Jenis Produk	Harga Jual (Rp/Kg)
Batu Bongkah	20 - 40
Batu Affal	0 - 10
Size 0 - 1.0 mm	40 - 70
Size 1.0 - 3.35 mm	15 - 40
Size 2 - 3.5 mm	60 - 90
Size 3 - 4.5 mm	70 - 120
Size 10-25 mm	15 - 40
Size 40 – 60 mm	15 - 40

- Tabel 5.3 berisi informasi jumlah minimal produksi, maksimal produksi dan prosentase produksi untuk tiap jenis produk batu kapur yang harus diproduksi tiap tahunnya. Angka pada jumlah minimal produksi batu kapur di Tabel 5.3 didapatkan dari jumlah minimal penjualan pada data historis tahun 2009-2014 (Tabel 1.2) untuk tiap jenis produk batu kapur. Sedangkan angka pada jumlah maksimal produksi batu kapur di Tabel didapatkan dari jumlah produksi *real* yang pernah dihitung oleh pihak PT. Pertama Mina Sutra Perkasa pada saat *running crushing plant* dalam kondisi optimum, terkhusus untuk jenis batu bongkah merupakan jumlah maksimal penjualan pada data historis tahun 2009-2014 (Tabel 1.2) dikarenakan jenis batu bongkah tidak mengalami proses pada *crushing plant*. Selanjutnya angka pada prosentase produksi tiap jenis produk batu kapur adalah perbandingan antara nilai maksimal produksi per jenis produk dibagi total maksimal produksi semua jenis produk batu kapur.

Tabel 5.3 Jumlah minimal, maksimal dan prosentase produksi batu kapur

No	Jenis	Minimal Produksi (Historis)	Maksimal Produksi	Prosentase Produksi
1	Batu Bongkah	88.590.000	137.020.000	0,28
2	Batu Affal	23.040.000	28.800.000	0,06
3	Size 0 - 1.0	10.463.778	25.920.000	0,05
4	Size 1.0 - 3.35	22.590.619	41.916.000	0,09
5	Size 2 - 3.5	6.209.200	15.918.000	0,03
6	Size 3 - 4.5	3.592.384	18.396.000	0,04
7	Size 10 – 25	63.175.590	91.350.000	0,19
8	Size 40 – 60	32.679.856	133.200.000	0,27

- Di dalam hubungan antara harga jual dan jumlah permintaan batu kapur, dibuatkan asumsi untuk menghubungkan kedua hal tersebut. Hubungan tersebut, dapat dilihat dalam Tabel 5.4, merepresentasikan harga jual batu kapur dipengaruhi oleh jumlah permintaan batu kapur yang telah ditentukan dalam asumsi ini. Dalam hal ini harga jual batu kapur akan dibagi menjadi 5 alternatif harga jual. Harga jual akan semakin mahal apabila permintaan jumlah batu kapur sedikit, begitupun sebaliknya harga jual akan semakin murah apabila permintaan jumlah batu kapur banyak. Hal ini didasari dari konsep *supply & demand* pada umumnya.

Tabel 5.4 Asumsi Hubungan Harga Jual dan Jumlah Permintaan

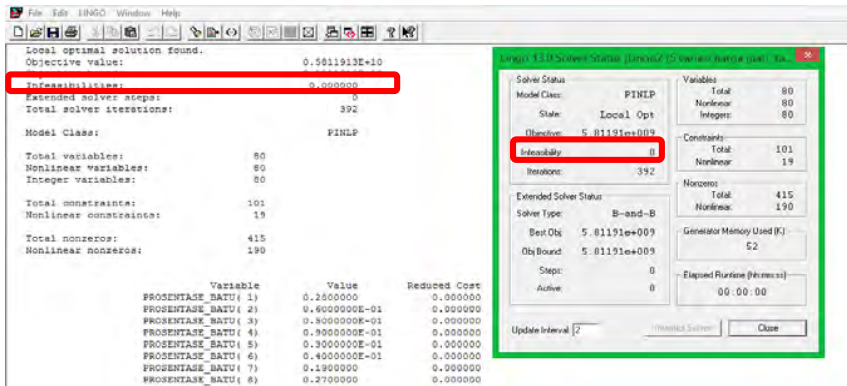
No	Nama	Harga Jual	Jumlah Permintaan (Kg)	
1	Batu Bongkah	20,0	127.334.001	- 137.020.000
		25,0	117.648.001	- 127.334.000
		30,0	107.962.001	- 117.648.000
		35,0	98.276.001	- 107.962.000
		40,0	88.590.000	- 98.276.000
2	Batu Affal	0,0	27.648.001	- 28.800.000
		2,5	26.496.001	- 27.648.000
		5,0	25.344.001	- 26.496.000
		7,5	24.192.001	- 25.344.000
		10,0	23.040.000	- 24.192.000
3	Size 0 - 1 mm	40,0	22.828.757	- 25.920.000
		47,5	19.737.512	- 22.828.756
		55,0	16.646.268	- 19.737.511
		62,5	13.555.023	- 16.646.267
		70,0	10.463.778	- 13.555.022
4	Size 1.2 - 3.35 mm	15,0	38.050.925	- 41.916.000
		21,3	34.185.849	- 38.050.924
		27,5	30.320.772	- 34.185.848
		33,8	26.455.696	- 30.320.771
		40,0	22.590.619	- 26.455.695
5	Size 2 - 3.5 mm	60,0	13.976.241	- 15.918.000
		67,5	12.034.481	- 13.976.240
		75,0	10.092.721	- 12.034.480
		82,5	8.150.961	- 10.092.720
		90,0	6.209.200	- 8.150.960
6	Size 3 - 4.5 mm	70,0	15.435.278	- 18.396.000
		82,5	12.474.555	- 15.435.277
		95,0	9.513.831	- 12.474.554
		107,5	6.553.108	- 9.513.830
		120,0	3.592.384	- 6.553.107
7	Size 10 - 25 mm	15,0	85.715.119	- 91.350.000
		21,3	80.080.237	- 85.715.118
		27,5	74.445.355	- 80.080.236
		33,8	68.810.473	- 74.445.354
		40,0	63.175.590	- 68.810.472
8	Size 40 - 60 mm	15,0	113.095.972	- 133.200.000
		21,3	92.991.943	- 113.095.971
		27,5	72.887.915	- 92.991.942
		33,8	52.783.886	- 72.887.914
		40,0	32.679.856	- 52.783.885

Setelah data-data yang diperlukan dalam menyelesaikan masalah optimasi penjualan produk *mix* batu kapur di PT Pertama Mina Sutra Perkasa telah ada maka langkah selanjutnya yaitu melakukan eksperimen metode matematis yang telah dibuat tersebut ke *software* Lingo 13. Untuk bahasa pemrograman Lingo dan model matematis untuk alternatif 1 dapat dilihat pada LAMPIRAN A dan LAMPIRAN B. Sedangkan bahasa pemrograman Lingo dan model matematis untuk alternatif 2 dapat dilihat pada LAMPIRAN C dan D.

5.4 Verifikasi dan Validasi Model

Tahap verifikasi dan validasi merupakan tahap pengecekan kesesuaian model matematis terhadap logika dan kondisi sistem nyata. Verifikasi merupakan pengecekan model untuk mengetahui kesesuaian model terhadap logika atau struktur yang diinginkan oleh pembuat model. Validasi merupakan tahap pengecekan kesesuaian model terhadap kondisi riil.

Verifikasi model matematis dilakukan untuk mengecek konsistensi model matematis terhadap kondisi-kondisi yang diinginkan. Pada penelitian dilakukan dua tahap verifikasi. Verifikasi yang pertama adalah melakukan *debug* pada model matematis yang ditulis dalam *software* untuk memastikan bahwa model memiliki solusi yang layak (*feasible*). Gambar 5.2 menunjukkan bahwa notasi model matematis dalam *software* telah layak dan memiliki solusi global optimum. Dalam contoh pembahasannya, tahap verifikasi dan validasi menggunakan alternatif 1.



Gambar 5.2 Feasible LINGO

Verifikasi yang kedua adalah mengecek konsistensi hasil penulisan fungsi tujuan dan seluruh fungsi pembatas terhadap notasi batasan yang diinginkan. Hal ini dapat dilihat dari fitur *generate* yang tersedia pada *software* Lingo apakah sudah merepresentasikan model matematika *linier programming* yang diinginkan. Berikut beberapa contoh perbandingan model matematika yang dibuat dengan hasil *generate* Lingo :

- Fungsi Tujuan :

$$\text{Maksimize : } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} * (\text{Harga_Jual}_{ij} - \text{HPP_Produk}_{ij})$$

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 6.51 * X_{1_1} + 11.51 * X_{1_2} + 16.51 * X_{1_3} + 21.51 * \\ & X_{1_4} + 26.51 * X_{1_5} - 20.41 * X_{2_1} - 17.91 * X_{2_2} - 15.41 \\ & * X_{2_3} - 12.91 * X_{2_4} - 10.41 * X_{2_5} - 23.66 * X_{3_1} - 16.16 \\ & * X_{3_2} - 8.659999999999997 * X_{3_3} - 1.159999999999997 * \\ & X_{3_4} + 6.3400000000000003 * X_{3_5} - 30.71 * X_{4_1} - 24.41 * \\ & X_{4_2} - 18.21 * X_{4_3} - 11.91 * X_{4_4} - 5.7100000000000001 * \\ & X_{4_5} + 13.02 * X_{5_1} + 20.52 * X_{5_2} + 28.02 * X_{5_3} + 35.52 \\ & * X_{5_4} + 43.02 * X_{5_5} + 24 * X_{6_1} + 36.5 * X_{6_2} + 49 * \\ & X_{6_3} + 61.5 * X_{6_4} + 74 * X_{6_5} - 6.609999999999999 * \end{aligned}$$

$$X_{7_1} - 0.3099999999999987 * X_{7_2} + 5.8900000000000001 * X_{7_3} + 12.19 * X_{7_4} + 18.39 * X_{7_5} - 3.68 * X_{8_1} + 2.6200000000000001 * X_{8_2} + 8.82 * X_{8_3} + 15.12 * X_{8_4} + 21.32 * X_{8_5};$$

▪ Fungsi Pembatas :

1. Memilih Keputusan Harga Jual Tiap Produk

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Y_{ij} = 1$$

$$\begin{aligned} [_2] \quad & Y_{1_1} + Y_{1_2} + Y_{1_3} + Y_{1_4} + Y_{1_5} = 1; \\ [_3] \quad & Y_{2_1} + Y_{2_2} + Y_{2_3} + Y_{2_4} + Y_{2_5} = 1; \\ [_4] \quad & Y_{3_1} + Y_{3_2} + Y_{3_3} + Y_{3_4} + Y_{3_5} = 1; \\ [_5] \quad & Y_{4_1} + Y_{4_2} + Y_{4_3} + Y_{4_4} + Y_{4_5} = 1; \\ [_6] \quad & Y_{5_1} + Y_{5_2} + Y_{5_3} + Y_{5_4} + Y_{5_5} = 1; \\ [_7] \quad & Y_{6_1} + Y_{6_2} + Y_{6_3} + Y_{6_4} + Y_{6_5} = 1; \\ [_8] \quad & Y_{7_1} + Y_{7_2} + Y_{7_3} + Y_{7_4} + Y_{7_5} = 1; \\ [_9] \quad & Y_{8_1} + Y_{8_2} + Y_{8_3} + Y_{8_4} + Y_{8_5} = 1; \end{aligned}$$

2. Konstrain Integer dan Binner

$$X_{ij} \in \text{integer}; \quad Y_{ij} \in \{1,0\}$$

```
@BIN ( Y_1_1 ); @GIN ( X_1_1 ); @BIN ( Y_1_2 );
@GIN ( X_1_2 ); @BIN ( Y_1_3 ); @GIN ( X_1_3 );
@BIN ( Y_1_4 ); @GIN ( X_1_4 ); @BIN ( Y_1_5 );
@GIN ( X_1_5 ); @BIN ( Y_2_1 ); @GIN ( X_2_1 );
@BIN ( Y_2_2 ); @GIN ( X_2_2 ); @BIN ( Y_2_3 );
@GIN ( X_2_3 ); @BIN ( Y_2_4 ); @GIN ( X_2_4 );
@BIN ( Y_2_5 ); @GIN ( X_2_5 ); @BIN ( Y_3_1 );
@GIN ( X_3_1 ); @BIN ( Y_3_2 ); @GIN ( X_3_2 );
@BIN ( Y_3_3 ); @GIN ( X_3_3 ); @BIN ( Y_3_4 );
@GIN ( X_3_4 ); @BIN ( Y_3_5 ); @GIN ( X_3_5 );
@BIN ( Y_4_1 ); @GIN ( X_4_1 ); @BIN ( Y_4_2 );
@GIN ( X_4_2 ); @BIN ( Y_4_3 ); @GIN ( X_4_3 );
@BIN ( Y_4_4 ); @GIN ( X_4_4 ); @BIN ( Y_4_5 );
@GIN ( X_4_5 ); @BIN ( Y_5_1 ); @GIN ( X_5_1 );
@BIN ( Y_5_2 ); @GIN ( X_5_2 ); @BIN ( Y_5_3 );
@GIN ( X_5_3 ); @BIN ( Y_5_4 ); @GIN ( X_5_4 );
@BIN ( Y_5_5 ); @GIN ( X_5_5 ); @BIN ( Y_6_1 );
```

```

@GIN ( X_6_1); @BIN ( Y_6_2); @GIN ( X_6_2);
@BIN ( Y_6_3); @GIN ( X_6_3); @BIN ( Y_6_4);
@GIN ( X_6_4); @BIN ( Y_6_5); @GIN ( X_6_5);
@BIN ( Y_7_1); @GIN ( X_7_1); @BIN ( Y_7_2);
@GIN ( X_7_2); @BIN ( Y_7_3); @GIN ( X_7_3);
@BIN ( Y_7_4); @GIN ( X_7_4); @BIN ( Y_7_5);
@GIN ( X_7_5); @BIN ( Y_8_1); @GIN ( X_8_1);
@BIN ( Y_8_2); @GIN ( X_8_2); @BIN ( Y_8_3);
@GIN ( X_8_3); @BIN ( Y_8_4); @GIN ( X_8_4);
@BIN ( Y_8_5); @GIN ( X_8_5);

```

Berdasarkan beberapa hasil *generate* Lingo diatas, notasi model matematika dalam software telah sesuai dengan notasi fungsi aljabar yang diinginkan.

Validasi model matematis yaitu dengan cara membandingkan hasil komputasi *software* Lingo dengan perhitungan manual numerik. Model dinyatakan valid apabila hasil komputasi *software* Lingo sama dengan hasil perhitungan manual numerik.

Data percobaan untuk perhitungan manual merupakan nilai yang dihasilkan dalam hasil running Lingo. Nilai-nilai pada data tersebut kemudian dimasukkan kedalam fungsi tujuan yang telah diinginkan. Perhitungan manual numerik fungsi tujuan adalah sebagai berikut:

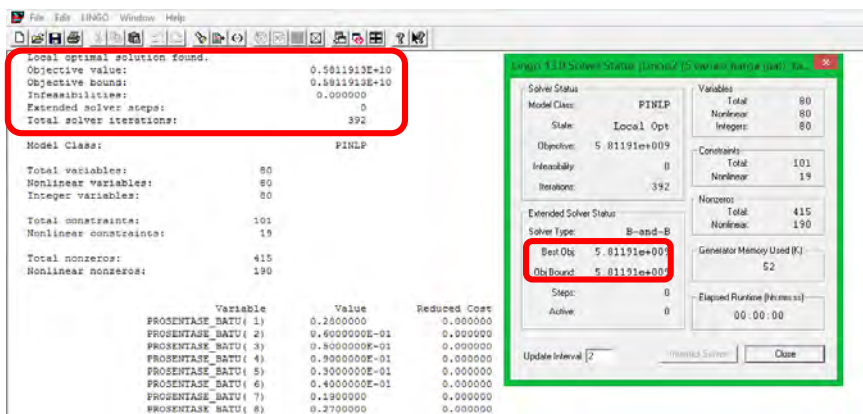
$$\text{Maksimize : } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m X_{ij} * (\text{Harga_Jual}_{ij} - \text{HPP_Produk}_{ij})$$

$$\begin{aligned} \text{MAX} = & 6.51 * X_{1_1} + 11.51 * X_{1_2} + 16.51 * X_{1_3} + 21.51 \\ & * X_{1_4} + 26.51 * X_{1_5} - 20.41 * X_{2_1} - 17.91 * X_{2_2} \\ & - 15.41 * X_{2_3} - 12.91 * X_{2_4} - 10.41 * X_{2_5} - 23.66 \\ & * X_{3_1} - 16.16 * X_{3_2} - 8.66 * X_{3_3} - 1.16 * X_{3_4} + \\ & 6.34 * X_{3_5} - 30.71 * X_{4_1} - 24.41 * X_{4_2} - 18.21 * \\ & X_{4_3} - 11.91 * X_{4_4} - 5.71 * X_{4_5} + 13.02 * X_{5_1} + \\ & 20.52 * X_{5_2} + 28.02 * X_{5_3} + 35.52 * X_{5_4} + 43.02 * \\ & X_{5_5} + 24 * X_{6_1} + 36.5 * X_{6_2} + 49 * X_{6_3} + 61.5 \\ & * X_{6_4} + 74 * X_{6_5} - 6.61 * X_{7_1} - 0.31 * X_{7_2} + 5.89 \end{aligned}$$

$$* X_{7_3} + 12.19 * X_{7_4} + 18.39 * X_{7_5} - 3.68 * X_{8_1} + 2.62 * X_{8_2} + 8.82 * X_{8_3} + 15.12 * X_{8_4} + 21.32 * X_{8_5}$$

$$= (6.51 * 0 + 11.51 * 0 + 16.51 * 0 + 21.51 * 0 + 26.51 * 98.276.000) - (20.41 * 0 - 17.91 * 0 - 15.41 * 0 - 12.91 * 0 - 10.41 * 23.040.000) - (23.66 * 0 - 16.16 * 0 - 8.66 * 0 - 1.16 * 0 + 6.34 * 13.555.020) - (30.71 * 0 - 24.41 * 0 - 18.21 * 0 - 11.91 * 0 - 5.71 * 0) + (13.02 * 0 + 20.52 * 0 + 28.02 * 0 + 35.52 * 10.092.720 + 43.02 * 0) + (24 * 0 + 36.5 * 0 + 49 * 12.475.550 + 61.5 * 0 + 74 * 0) - (6.61 * 0 - 0.31 * 0 + 5.89 * 0 + 12.19 * 0 + 18.39 * 68.810.470) - (3.68 * 0 + 2.62 * 0 + 8.82 * 0 + 15.12 * 0 + 21.32 * 52.783.880)$$

$$= 5.811.913.000$$



X(1, 1)	0.000000	-6.510000
X(1, 2)	0.000000	-11.51000
X(1, 3)	0.000000	-16.51000
X(1, 4)	0.000000	-21.51000
X(1, 5)	0.9827600E+08	-26.51000
X(2, 1)	0.000000	20.41000
X(2, 2)	0.000000	17.91000
X(2, 3)	0.000000	15.41000
X(2, 4)	0.000000	12.91000
X(2, 5)	0.2304000E+08	10.41000
X(3, 1)	0.000000	23.66000
X(3, 2)	0.000000	16.16000
X(3, 3)	0.000000	8.660000
X(3, 4)	0.000000	1.160000
X(3, 5)	0.1355502E+08	-6.340000
X(4, 1)	0.000000	30.71000
X(4, 2)	0.000000	24.41000
X(4, 3)	0.000000	18.21000
X(4, 4)	0.000000	11.91000
X(4, 5)	0.000000	5.710000
X(5, 1)	0.000000	-13.02000
X(5, 2)	0.000000	-20.52000
X(5, 3)	0.000000	-28.02000
X(5, 4)	0.1009272E+08	-35.52000
X(5, 5)	0.000000	-43.02000
X(6, 1)	0.000000	-24.00000
X(6, 2)	0.000000	-36.50000
X(6, 3)	0.1247455E+08	-49.00000
X(6, 4)	0.000000	-61.50000
X(6, 5)	0.000000	-74.00000
X(7, 1)	0.000000	6.610000
X(7, 2)	0.000000	0.3100000
X(7, 3)	0.000000	-5.890000
X(7, 4)	0.000000	-12.19000
X(7, 5)	0.6881047E+08	-18.39000
X(8, 1)	0.000000	3.680000
X(8, 2)	0.000000	-2.620000
X(8, 3)	0.000000	-8.820000
X(8, 4)	0.000000	-15.12000
X(8, 5)	0.5278388E+08	-21.32000

Gambar 5.3 Hasil Komputasi Lingo

Gambar 5.3 merupakan hasil komputasi Lingo yang menghasilkan solusi *local optimum* dengan nilai fungsi tujuan $5,811913 \times 10^9$. Dengan nilai $X_{15} = 9,827600 \times 10^8$, $X_{25} = 2,304000 \times 10^8$, $X_{35} = 1,355502 \times 10^8$, $X_{54} = 1,009272 \times 10^8$, $X_{63} = 1,247555 \times 10^8$, $X_{75} = 6,881047 \times 10^8$, $X_{85} = 5,278388 \times 10^8$. Komputasi model matematika menghasilkan solusi optimum yang sama seperti hasil uji numerik sehingga dapat disimpulkan bahwa data matematika telah valid.

5.5 Hasil Analisis Eksperimen

Berdasarkan hasil *running* pada Lingo untuk penyelesaian masalah optimasi penjualan produk *mix* batu kapur di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa didapatkan hasil alternatif dari kedua alternatif, yaitu:

1. Alternatif 1

Total profit sebesar Rp5.811.913.000,00. Sedangkan komposisi penjualan produk *mix* yaitu jenis batu bongkah dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp40,00 berjumlah sebanyak 98.276.000 kg selama satu tahun, jenis batu affal dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp 10,00 berjumlah sebanyak 23.040.000 kg selama satu tahun, jenis *size* 40-60 mm dengan memilih variasi harga jual ke 5 berjumlah sebesar Rp40,00 berjumlah sebanyak 52.783.880 kg selama satu tahun, jenis *size* 10-25 mm dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp40,00 berjumlah sebanyak 68.810.470 kg selama satu tahun, jenis *size* 3-4.5 mm dengan memilih variasi harga jual ke 3 sebesar Rp95,00 berjumlah sebanyak 12.475.550 kg selama satu tahun, jenis *size* 2-3.5 mm dengan memilih variasi harga jual ke 4 sebesar Rp82,50 berjumlah sebanyak 10.092.720 kg selama satu tahun, jenis *size* 1,2-3.35 mm dengan memilih untuk tidak diproduksi karena tidak menghasilkan angka yang optimum, dan jenis *size* 0-1 mm dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp70,00 berjumlah sebanyak 13.555.020 kg selama satu tahun.

Dari hasil *running* Lingo pula didapatkan nilai dari analisa sensitivitas *value* dan *reduced cost*. Analisa sensitivitas *value* dan *reduced cost* ini menganalisa penurunan atau kenaikan nilai profit apabila angka pada nilai *value* beubah. Apabila angka produksi batu kapur jenis batun bongkah turun 1 kg maka akan mengalami penurunan profit sebesar 26,51 rupiah/kilogram. Angka produksi batu kapur jenis batu affal turun 1 kg maka akan mengalami kenaikan profit sebesar 10,41 rupiah/kilogram. Angka produksi batu kapur jenis *size* 40-60 mm turun 1 kg maka akan mengalami kenaikan profit sebesar 21,32 rupiah/kilogram. Angka produksi batu kapur jenis *size* 10-25 mm turun 1 kg maka akan mengalami penurunan profit sebesar 18,39 rupiah/kilogram. Angka produksi batu kapur jenis *size* 3–4.5 mm turun 1 kg maka akan mengalami penurunan profit sebesar 49 rupiah/kilogram. Angka produksi batu kapur jenis *size* 2–3.5 mm turun 1 kg maka akan mengalami penurunan profit sebesar 35,52 rupiah/kilogram. Angka produksi batu kapur jenis *size* 0-1 mm turun 1 kg maka akan mengalami penurunan profit sebesar 6,34 rupiah/kilogram.

2. Alternatif 2

Total profit sebesar Rp5.064.997.000,00. Sedangkan komposisi penjualan produk *mix* yaitu jenis batu bongkah dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp40,00 dengan jumlah penjualan sebanyak 98.276.000 dan jumlah produksi sebanyak 98.276.000 kg selama satu tahun.

Jenis batu affal dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp 10,00 dengan jumlah penjualan sebanyak 23.040.000 kg dan jumlah produksi sebanyak 23.040.000 kg selama satu tahun.

Jenis *size* 40-60 mm dengan memilih variasi harga jual ke 4 sebesar Rp33,80 dengan jumlah penjualan sebanyak 72.889.140 kg dan jumlah produksi sebanyak 88.684.300 kg selama satu tahun.

Jenis *size* 10-25 mm dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp40,00 dengan jumlah penjualan sebanyak 68.810.470 kg dan jumlah produksi sebanyak 68.810.470 kg selama satu tahun.

Jenis *size* 3-4.5 mm dengan memilih variasi harga jual ke 3 sebesar Rp95,00 dengan jumlah penjualan sebanyak 12.475.550 kg dan jumlah produksi sebanyak 12.475.550 kg selama satu tahun.

Jenis *size* 2-3.5 mm dengan memilih variasi harga jual ke 4 sebesar Rp82,50 dengan jumlah penjualan sebanyak 10.092.720 kg dan jumlah produksi sebanyak 10.092.720 kg selama satu tahun.

Jenis *size* 1,2-3.35 mm dengan memilih variasi harga jual ke 5 sebesar Rp40,00 dengan jumlah penjualan sebanyak 26.455.700 kg dan jumlah produksi sebanyak 29.561.430 kg selama satu tahun.

Jenis *size* 0-1 mm dengan memilih variasi harga jual ke 4 sebesar Rp62,50 dengan jumlah penjualan sebanyak 16.423.020 kg dan jumlah produksi sebanyak 16.423.020 kg selama satu tahun.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari analisa Harga Pokok Produksi untuk setiap jenis batu kapur di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa didapatkan hasil sebagai berikut:

No	Jenis	Harga Pokok Produksi
1	Batu Bongkah	Rp13,49
2	Batu Affal	Rp20,41
3	<i>Size 40 - 60 mm</i>	Rp18,68
4	<i>Size 10 - 25 mm</i>	Rp21,61
5	<i>Size 3 - 4.5 mm</i>	Rp46,00
6	<i>Size 2 - 3.5 mm</i>	Rp46,98
7	<i>Size 1.2 - 3.35 mm</i>	Rp45,71
8	<i>Size 0 - 1 mm</i>	Rp63,66

2. Penelitian ini mengembangkan model matematis optimasi penjualan produk *mix* batu kapur alternatif 2 sebagai hasil yang merepresentasikan yaitu :

No	Jenis	Jumlah Penjualan	Jumlah Produksi	Harga Jual (Rp)
1	Batu Bongkah	98.276.000	98.276.000	40
2	Batu Affal	23.040.000	23.040.000	10
3	Size 0-1.0 mm	16.423.020	16.423.020	62,5
4	Size 1.2-3.35 mm	26.455.700	29.561.430	40
5	Size 2-3.5 mm	10.092.720	10.092.720	82,5
6	Size 3-4.5 mm	12.475.550	12.475.550	95
7	Size 10-25 mm	68.810.470	68.810.470	40
8	Size 40 - 60	72.889.140	88.684.300	33,8

3. Dari komposisi pengembangan model matematis optimasi penjualan produk *mix* batu kapur yang telah dibuat didapatkan total profit sebesar Rp5.064.997.000,00

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Menaikkan harga jual untuk jenis batu yang harga pokok produksinya lebih besar daripada harga jual.
2. Dibuatkannya gudang inventori batu kapur untuk menjaga kualitas dari batu kapur.
3. Dibuatkannya peramalan (*forecast*) untuk jumlah penjualan dan harga jual batu kapur di PT. Pertama Mina Sutra Perkasa untuk beberapa periode kedepan.

LAMPIRAN A

Bahasa Pemrograman Alternatif 1 pada Lingo 13

sets:

```
Produk/1..8/:prosentase_batu;  
Variasi_Harga_Jual/1..5/;  
Penentuan(Produk,Variasi_Harga_Jual):Y,HPP_produk  
,Harga_Jual,X,Min_penjualan, Maks_penjualan;  
Endsets
```

data:

```
HPP_produk=  
13.49,13.49,13.49,13.49,13.49,  
20.41,20.41,20.41,20.41,20.41,  
63.66,63.66,63.66,63.66,63.66,  
45.71,45.71,45.71,45.71,45.71,  
46.98,46.98,46.98,46.98,46.98,  
46.00,46.00,46.00,46.00,46.00,  
21.61,21.61,21.61,21.61,21.61,  
18.68,18.68,18.68,18.68,18.68;
```

Harga_Jual=

20	25	30	35	40
0	2.5	5	7.5	10
40	47.5	55	62.5	70
15	21.3	27.5	33.8	40
60	67.5	75	82.5	90
70	82.5	95	107.5	120
15	21.3	27.5	33.8	40
15	21.3	27.5	33.8	40;

Min_penjualan=

```
127334000,117648000,107962000,98276000,88590000  
27648000,26496000,25344000,24192000,23040000  
22828756,19737511,16646267,13555022,10463778  
38050924,34185848,30320771,26455695 22590619  
13976240,12034480,10092720,8150960,6209200  
15435277,12474554,9513830,6553107,3592384  
85715118,80080236,74445354,68810472,63175590  
113095971,92991942,72887914,52783885,32679856;
```

```

Maks_penjualan=
137020000,127334000,117648000,107962000,98276000
28800000,27648000,26496000,25344000,24192000
25920000,22828756,19737511,16646267,13555022
41916000,38050924,34185848,30320771,26455695
15918000,13976240,12034480,10092720,8150960
18396000,15435277,12474554,9513830,6553107
91350000,85715118,80080236,74445354,68810472
133200000,113095971,92991942,72887914,52783885;

prosentase_batu=
0.28,0.06,0.05,0.09,0.03,0.04,0.19,0.27;
Enddata

!fungsi tujuan Maksimal Profit;
Max = @sum(Penentuan(i,j):((Harga_Jual(i,j)-
HPP_produk(i,j)))*X(i,j));

!Konstrains memilih keputusan harga jual tiap produk;
@for(produk(i):@sum(penentuan(i,j):Y(i,j))=1);

!Konstrains permintaan demand;
@for(penentuan(i,j):X(i,j)<= Maks_penjualan
(i,j)*Y(i,j));
@for(penentuan(i,j)|j#ne#1: Min_penjualan (i,j)-
X(i,j)<= Maks_penjualan (i,j)*(1-Y(i,j)));

!konstrains prosentase produk;
@for(produk(i):@sum(penentuan(i,j):x(i,j)*Y(i,j)
)<=Prosentase_batu(i)*492520000);

!konstrains integer;
@for(penentuan(i,j):@gin(X(i,j)));

!konstrains biner;
@for(penentuan(i,j):@bin(Y(i,j)));

!konstrains khusus untuk batu affal;
x(2,5)>=23040000;

```


LAMPIRAN B

Model Matematis Alternatif 1

MODEL:

$$\begin{aligned}
 [_1] \quad \text{MAX} = & 6.51 * X_{1_1} + 11.51 * X_{1_2} + 16.51 * X_{1_3} + 21.51 * X_{1_4} + 26.51 * X_{1_5} \\
 & - 20.41 * X_{2_1} - 17.91 * X_{2_2} - 15.41 * X_{2_3} - 12.91 * X_{2_4} - 10.41 * X_{2_5} \\
 & - 23.66 * X_{3_1} - 16.16 * X_{3_2} - 8.659999999999997 * X_{3_3} - 1.159999999999997 * X_{3_4} + 6.3400000000000003 * X_{3_5} - 30.71 * X_{4_1} - 24.41 * X_{4_2} - 18.21 * X_{4_3} - 11.91 * X_{4_4} - 5.7100000000000001 * X_{4_5} + 13.02 * X_{5_1} + 20.52 * X_{5_2} + 28.02 * X_{5_3} + 35.52 * X_{5_4} + 43.02 * X_{5_5} + 24 * X_{6_1} + 36.5 * X_{6_2} + 49 * X_{6_3} + 61.5 * X_{6_4} + 74 * X_{6_5} - 6.609999999999999 * X_{7_1} - 0.30999999999999987 * X_{7_2} + 5.890000000000000001 * X_{7_3} + 12.19 * X_{7_4} + 18.39 * X_{7_5} - 3.68 * X_{8_1} + 2.620000000000000001 * X_{8_2} + 8.82 * X_{8_3} + 15.12 * X_{8_4} + 21.32 * X_{8_5}; \\
 [_2] \quad & Y_{1_1} + Y_{1_2} + Y_{1_3} + Y_{1_4} + Y_{1_5} = 1; \\
 [_3] \quad & Y_{2_1} + Y_{2_2} + Y_{2_3} + Y_{2_4} + Y_{2_5} = 1; \\
 [_4] \quad & Y_{3_1} + Y_{3_2} + Y_{3_3} + Y_{3_4} + Y_{3_5} = 1; \\
 [_5] \quad & Y_{4_1} + Y_{4_2} + Y_{4_3} + Y_{4_4} + Y_{4_5} = 1; \\
 [_6] \quad & Y_{5_1} + Y_{5_2} + Y_{5_3} + Y_{5_4} + Y_{5_5} = 1; \\
 [_7] \quad & Y_{6_1} + Y_{6_2} + Y_{6_3} + Y_{6_4} + Y_{6_5} = 1; \\
 [_8] \quad & Y_{7_1} + Y_{7_2} + Y_{7_3} + Y_{7_4} + Y_{7_5} = 1; \\
 [_9] \quad & Y_{8_1} + Y_{8_2} + Y_{8_3} + Y_{8_4} + Y_{8_5} = 1; \\
 [_10] \quad & - 137020000 * Y_{1_1} + X_{1_1} \leq 0; \\
 [_11] \quad & - 127334000 * Y_{1_2} + X_{1_2} \leq 0; \\
 [_12] \quad & - 117648000 * Y_{1_3} + X_{1_3} \leq 0; \\
 [_13] \quad & - 107962000 * Y_{1_4} + X_{1_4} \leq 0; \\
 [_14] \quad & - 98276000 * Y_{1_5} + X_{1_5} \leq 0; \\
 [_15] \quad & - 28800000 * Y_{2_1} + X_{2_1} \leq 0; \\
 [_16] \quad & - 27648000 * Y_{2_2} + X_{2_2} \leq 0; \\
 [_17] \quad & - 26496000 * Y_{2_3} + X_{2_3} \leq 0;
 \end{aligned}$$

```

[_18] - 25344000 * Y_2_4 + X_2_4 <= 0;
[_19] - 24192000 * Y_2_5 + X_2_5 <= 0;
[_20] - 25920000 * Y_3_1 + X_3_1 <= 0;
[_21] - 22828756 * Y_3_2 + X_3_2 <= 0;
[_22] - 19737511 * Y_3_3 + X_3_3 <= 0;
[_23] - 16646267 * Y_3_4 + X_3_4 <= 0;
[_24] - 13555022 * Y_3_5 + X_3_5 <= 0;
[_25] - 41916000 * Y_4_1 + X_4_1 <= 0;
[_26] - 38050924 * Y_4_2 + X_4_2 <= 0;
[_27] - 34185848 * Y_4_3 + X_4_3 <= 0;
[_28] - 30320771 * Y_4_4 + X_4_4 <= 0;
[_29] - 26455695 * Y_4_5 + X_4_5 <= 0;
[_30] - 15918000 * Y_5_1 + X_5_1 <= 0;
[_31] - 13976240 * Y_5_2 + X_5_2 <= 0;
[_32] - 12034480 * Y_5_3 + X_5_3 <= 0;
[_33] - 10092720 * Y_5_4 + X_5_4 <= 0;
[_34] - 8150960 * Y_5_5 + X_5_5 <= 0;
[_35] - 18396000 * Y_6_1 + X_6_1 <= 0;
[_36] - 15435277 * Y_6_2 + X_6_2 <= 0;
[_37] - 12474554 * Y_6_3 + X_6_3 <= 0;
[_38] - 9513830 * Y_6_4 + X_6_4 <= 0;
[_39] - 6553107 * Y_6_5 + X_6_5 <= 0;
[_40] - 91350000 * Y_7_1 + X_7_1 <= 0;
[_41] - 85715118 * Y_7_2 + X_7_2 <= 0;
[_42] - 80080236 * Y_7_3 + X_7_3 <= 0;
[_43] - 74445354 * Y_7_4 + X_7_4 <= 0;
[_44] - 68810472 * Y_7_5 + X_7_5 <= 0;
[_45] - 133200000 * Y_8_1 + X_8_1 <= 0;
[_46] - 113095971 * Y_8_2 + X_8_2 <= 0;
[_47] - 92991942 * Y_8_3 + X_8_3 <= 0;
[_48] - 72887914 * Y_8_4 + X_8_4 <= 0;
[_49] - 52783885 * Y_8_5 + X_8_5 <= 0;
[_50] 127334000 * Y_1_2 - X_1_2 <= 9686000;
[_51] 117648000 * Y_1_3 - X_1_3 <= 9686000;
[_52] 107962000 * Y_1_4 - X_1_4 <= 9686000;
[_53] 98276000 * Y_1_5 - X_1_5 <= 9686000;
[_54] 27648000 * Y_2_2 - X_2_2 <= 1152000;
[_55] 26496000 * Y_2_3 - X_2_3 <= 1152000;
[_56] 25344000 * Y_2_4 - X_2_4 <= 1152000;
[_57] 24192000 * Y_2_5 - X_2_5 <= 1152000;

```

```

[_58] 22828756 * Y_3_2 - X_3_2 <= 3091245;
[_59] 19737511 * Y_3_3 - X_3_3 <= 3091244;
[_60] 16646267 * Y_3_4 - X_3_4 <= 3091245;
[_61] 13555022 * Y_3_5 - X_3_5 <= 3091244;
[_62] 38050924 * Y_4_2 - X_4_2 <= 3865076;
[_63] 34185848 * Y_4_3 - X_4_3 <= 3865077;
[_64] 30320771 * Y_4_4 - X_4_4 <= 3865076;
[_65] 26455695 * Y_4_5 - X_4_5 <= 3865076;
[_66] 13976240 * Y_5_2 - X_5_2 <= 1941760;
[_67] 12034480 * Y_5_3 - X_5_3 <= 1941760;
[_68] 10092720 * Y_5_4 - X_5_4 <= 1941760;
[_69] 8150960 * Y_5_5 - X_5_5 <= 1941760;
[_70] 15435277 * Y_6_2 - X_6_2 <= 2960723;
[_71] 12474554 * Y_6_3 - X_6_3 <= 2960724;
[_72] 9513830 * Y_6_4 - X_6_4 <= 2960723;
[_73] 6553107 * Y_6_5 - X_6_5 <= 2960723;
[_74] 85715118 * Y_7_2 - X_7_2 <= 5634882;
[_75] 80080236 * Y_7_3 - X_7_3 <= 5634882;
[_76] 74445354 * Y_7_4 - X_7_4 <= 5634882;
[_77] 68810472 * Y_7_5 - X_7_5 <= 5634882;
[_78] 113095971 * Y_8_2 - X_8_2 <= 20104029;
[_79] 92991942 * Y_8_3 - X_8_3 <= 20104028;
[_80] 72887914 * Y_8_4 - X_8_4 <= 20104029;
[_81] 52783885 * Y_8_5 - X_8_5 <= 20104029;
[_82] ( X_1_1 * Y_1_1 + X_1_2 * Y_1_2 + X_1_3 *
      Y_1_3 + X_1_4 * Y_1_4 + X_1_5 * Y_1_5) <=
      0.28 * 492520000;
[_83] ( X_2_1 * Y_2_1 + X_2_2 * Y_2_2 + X_2_3 *
      Y_2_3 + X_2_4 * Y_2_4 + X_2_5 * Y_2_5) <=
      0.06 * 492520000;
[_84] ( X_3_1 * Y_3_1 + X_3_2 * Y_3_2 + X_3_3 *
      Y_3_3 + X_3_4 * Y_3_4 + X_3_5 * Y_3_5) <=
      0.05 * 492520000;
[_85] ( X_4_1 * Y_4_1 + X_4_2 * Y_4_2 + X_4_3 *
      Y_4_3 + X_4_4 * Y_4_4 + X_4_5 * Y_4_5) <=
      0.09 * 492520000;
[_86] ( X_5_1 * Y_5_1 + X_5_2 * Y_5_2 + X_5_3 *
      Y_5_3 + X_5_4 * Y_5_4 + X_5_5 * Y_5_5) <=
      0.03 * 492520000;

```

```

[_87] ( X_6_1 * Y_6_1 + X_6_2 * Y_6_2 + X_6_3 *
      Y_6_3 + X_6_4 * Y_6_4 + X_6_5 * Y_6_5) <=
      0.04 * 492520000;
[_88] ( X_7_1 * Y_7_1 + X_7_2 * Y_7_2 + X_7_3 *
      Y_7_3 + X_7_4 * Y_7_4 + X_7_5 * Y_7_5) <=
      0.19 * 492520000;
[_89] ( X_8_1 * Y_8_1 + X_8_2 * Y_8_2 + X_8_3 *
      Y_8_3 + X_8_4 * Y_8_4 + X_8_5 * Y_8_5) <=
      0.27 * 492520000;
[_90] X_1_1 + X_1_2 + X_1_3 + X_1_4 + X_1_5 +
      X_2_1 + X_2_2 + X_2_3 + X_2_4 + X_2_5 +
      X_3_1 + X_3_2 + X_3_3 + X_3_4 + X_3_5 +
      X_4_1 + X_4_2 + X_4_3 + X_4_4 + X_4_5 +
      X_5_1 + X_5_2 + X_5_3 + X_5_4 + X_5_5 +
      X_6_1 + X_6_2 + X_6_3 + X_6_4 + X_6_5 +
      X_7_1 + X_7_2 + X_7_3 + X_7_4 + X_7_5 +
      X_8_1 + X_8_2 + X_8_3 + X_8_4 + X_8_5 <=
      492520000;
[_91] X_2_5 >= 23040000;
@BIN( Y_1_1); @GIN( X_1_1); @BIN( Y_1_2); @GIN(
X_1_2); @BIN( Y_1_3); @GIN( X_1_3); @BIN(
Y_1_4); @GIN( X_1_4); @BIN( Y_1_5); @GIN(
X_1_5); @BIN( Y_2_1); @GIN( X_2_1); @BIN(
Y_2_2); @GIN( X_2_2); @BIN( Y_2_3); @GIN(
X_2_3); @BIN( Y_2_4); @GIN( X_2_4); @BIN(
Y_2_5); @GIN( X_2_5); @BIN( Y_3_1); @GIN(
X_3_1); @BIN( Y_3_2); @GIN( X_3_2); @BIN(
Y_3_3); @GIN( X_3_3); @BIN( Y_3_4); @GIN(
X_3_4); @BIN( Y_3_5); @GIN( X_3_5); @BIN(
Y_4_1); @GIN( X_4_1); @BIN( Y_4_2); @GIN(
X_4_2); @BIN( Y_4_3); @GIN( X_4_3); @BIN(
Y_4_4); @GIN( X_4_4); @BIN( Y_4_5); @GIN(
X_4_5); @BIN( Y_5_1); @GIN( X_5_1); @BIN(
Y_5_2); @GIN( X_5_2); @BIN( Y_5_3); @GIN(
X_5_3); @BIN( Y_5_4); @GIN( X_5_4); @BIN(
Y_5_5); @GIN( X_5_5); @BIN( Y_6_1); @GIN(
X_6_1); @BIN( Y_6_2); @GIN( X_6_2); @BIN(
Y_6_3); @GIN( X_6_3); @BIN( Y_6_4); @GIN(
X_6_4); @BIN( Y_6_5); @GIN( X_6_5); @BIN(
Y_7_1); @GIN( X_7_1); @BIN( Y_7_2); @GIN(

```

```
X_7_2); @BIN( Y_7_3); @GIN( X_7_3); @BIN(
Y_7_4); @GIN( X_7_4); @BIN( Y_7_5); @GIN(
X_7_5); @BIN( Y_8_1); @GIN( X_8_1); @BIN(
Y_8_2); @GIN( X_8_2); @BIN( Y_8_3); @GIN(
X_8_3); @BIN( Y_8_4); @GIN( X_8_4); @BIN(
Y_8_5); @GIN( X_8_5);
```

END

LAMPIRAN C

Bahasa Pemrograman Alternatif 2 pada Lingo 13

sets:

```
Produk/1..8/:prosentase_batu,HPP_produk,Z;  
Variasi_Harga_Jual/1..5/;  
Penentuan(Produk,Variasi_Harga_Jual):Y,Harga_Jua  
l,X,Min_penjualan,Maks_penjualan;
```

Endsets

data:

```
HPP_produk=  
13.49,20.41,63.66,45.71,46.98,46.00,21.61,18.68;
```

```
Harga_Jual=  
20    25    30    35    40  
0      2.5    5     7.5   10  
40     47.5   55    62.5  70  
15     21.3   27.5   33.8  40  
60     67.5   75     82.5  90  
70     82.5   95     107.5 120  
15     21.3   27.5   33.8  40  
15     21.3   27.5   33.8  40;
```

```
Min_penjualan=  
127334000,117648000,107962000,98276000,88590000  
27648000,26496000,25344000,24192000,23040000  
22828756,19737511,16646267,13555022,10463778  
38050924,34185848,30320771,26455695,22590619  
13976240,12034480,10092720,8150960,6209200  
15435277,12474554,9513830,6553107,3592384  
85715118,80080236,74445354,68810472,63175590  
113095971,92991942,72887914,52783885,32679856;
```

```
Maks_penjualan=  
137020000,127334000,117648000,107962000,98276000  
28800000,27648000,26496000,25344000,24192000  
25920000,22828756,19737511,16646267,13555022  
41916000,38050924,34185848,30320771,26455695  
15918000,13976240,12034480,10092720,8150960
```

```
18396000,15435277,12474554,9513830,6553107
91350000,85715118,80080236,74445354,68810472
133200000,113095971,92991942,72887914,52783885;
```

```
prosentase_batu=
0.28,0.06,0.05,0.09,0.03,0.04,0.19,0.27;
enddata
```

```
!fungsi tujuan Maksimal Profit;
Max =
@sum(Penentuan(i,j):(Harga_Jual(i,j)*X(i,j)))-
@sum(produk(i):((HPP_produk(i)*Z(i))));

!Konstrains memilih keputusan harga jual tiap
produk;
@for(produk(i):@sum(penentuan(i,j):Y(i,j))=1);

!Konstrains permintaan demand;
@for(penentuan(i,j):X(i,j)<=Maks_penjualan(i,j)*
Y(i,j));
@for(penentuan(i,j)|j#ne#1:Min_penjualan(i,j)-
X(i,j)<=Maks_penjualan(i,j)*(1-Y(i,j)));

!konstrains adalah sumber daya yang tersedia;
@sum(produk(i):Z(i))<=492520000;

!konstrains jumlah produksi lebih besar;
@for(produk(i):Z(i)>=@sum(penentuan(i,j):X(i,j))
);

!konstrains prosentase batu;
Z_1>=0.28*((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_
1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_
3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_
1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_
6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_
1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));

Z_2>=0.06*((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_
1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_
```

$$3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));$$

$$Z_3 \geq 0.05 * ((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));$$

$$Z_4 \geq 0.09 * ((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));$$

$$Z_5 \geq 0.03 * ((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));$$

$$Z_6 \geq 0.04 * ((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));$$

$$Z_7 \geq 0.19 * ((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));$$


```

Z_8>=0.27*((X_1_1+X_1_2+X_1_3+X_1_4+X_1_5)+(X_2_1+X_2_2+X_2_3+X_2_4+X_2_5)+(X_3_1+X_3_2+X_3_3+X_3_4+X_3_5)+(X_4_1+X_4_2+X_4_3+X_4_4+X_4_5)+(X_5_1+X_5_2+X_5_3+X_5_4+X_5_5)+(X_6_1+X_6_2+X_6_3+X_6_4+X_6_5)+(X_7_1+X_7_2+X_7_3+X_7_4+X_7_5)+(X_8_1+X_8_2+X_8_3+X_8_4+X_8_5));

```

```

!Konstrain Z>=0;
@for(produk(i):Z(i)>=0);

```

```

!konstrain integer;
@for(penentuan(i,j):@gin(X(i,j)));

```

```

!konstrain binner;
@for(penentuan(i,j):@bin(Y(i,j)));

```

```

!konstrain khusus untuk batu affal;
x(2,5)>=23040000;

```

```

!konstrain integer;
@for(produk(i):@gin(z(i)));

```

LAMPIRAN D

Model Matematis Alternatif 2

MODEL:

$$\begin{aligned}
 [_1] \quad \text{MAX} = & 20 * X_{1_1} + 25 * X_{1_2} + 30 * X_{1_3} \\
 & + 35 * X_{1_4} + 40 * X_{1_5} + 2.5 * \\
 & X_{2_2} + 5 * X_{2_3} + 7.5 * X_{2_4} + 10 * \\
 & X_{2_5} + 40 * X_{3_1} + 47.5 * X_{3_2} + 55 \\
 & * X_{3_3} + 62.5 * X_{3_4} + 70 * X_{3_5} + \\
 & 15 * X_{4_1} + 21.3 * X_{4_2} + 27.5 * \\
 & X_{4_3} + 33.8 * X_{4_4} + 40 * X_{4_5} + \\
 & 60 * X_{5_1} + 67.5 * X_{5_2} + 75 * X_{5_3} \\
 & + 82.5 * X_{5_4} + 90 * X_{5_5} + 70 * \\
 & X_{6_1} + 82.5 * X_{6_2} + 95 * X_{6_3} + \\
 & 107.5 * X_{6_4} + 120 * X_{6_5} + 15 * \\
 & X_{7_1} + 21.3 * X_{7_2} + 27.5 * X_{7_3} + \\
 & 33.8 * X_{7_4} + 40 * X_{7_5} + 15 * X_{8_1} \\
 & + 21.3 * X_{8_2} + 27.5 * X_{8_3} + 33.8 * \\
 & X_{8_4} + 40 * X_{8_5} - 13.49 * Z_1 - \\
 & 20.41 * Z_2 - 63.66 * Z_3 - 45.71 * \\
 & Z_4 - 46.98 * Z_5 - 46 * Z_6 - 21.61 * \\
 & Z_7 - 18.68 * Z_8; \\
 [_2] \quad & Y_{1_1} + Y_{1_2} + Y_{1_3} + Y_{1_4} + Y_{1_5} = 1; \\
 [_3] \quad & Y_{2_1} + Y_{2_2} + Y_{2_3} + Y_{2_4} + Y_{2_5} = 1; \\
 [_4] \quad & Y_{3_1} + Y_{3_2} + Y_{3_3} + Y_{3_4} + Y_{3_5} = 1; \\
 [_5] \quad & Y_{4_1} + Y_{4_2} + Y_{4_3} + Y_{4_4} + Y_{4_5} = 1; \\
 [_6] \quad & Y_{5_1} + Y_{5_2} + Y_{5_3} + Y_{5_4} + Y_{5_5} = 1; \\
 [_7] \quad & Y_{6_1} + Y_{6_2} + Y_{6_3} + Y_{6_4} + Y_{6_5} = 1; \\
 [_8] \quad & Y_{7_1} + Y_{7_2} + Y_{7_3} + Y_{7_4} + Y_{7_5} = 1; \\
 [_9] \quad & Y_{8_1} + Y_{8_2} + Y_{8_3} + Y_{8_4} + Y_{8_5} = 1; \\
 [_10] \quad & - 137020000 * Y_{1_1} + X_{1_1} \leq 0; \\
 [_11] \quad & - 127334000 * Y_{1_2} + X_{1_2} \leq 0; \\
 [_12] \quad & - 117648000 * Y_{1_3} + X_{1_3} \leq 0; \\
 [_13] \quad & - 107962000 * Y_{1_4} + X_{1_4} \leq 0; \\
 [_14] \quad & - 98276000 * Y_{1_5} + X_{1_5} \leq 0; \\
 [_15] \quad & - 28800000 * Y_{2_1} + X_{2_1} \leq 0; \\
 [_16] \quad & - 27648000 * Y_{2_2} + X_{2_2} \leq 0; \\
 [_17] \quad & - 26496000 * Y_{2_3} + X_{2_3} \leq 0; \\
 [_18] \quad & - 25344000 * Y_{2_4} + X_{2_4} \leq 0; \\
 [_19] \quad & - 24192000 * Y_{2_5} + X_{2_5} \leq 0;
 \end{aligned}$$

```

[_20] - 25920000 * Y_3_1 + X_3_1 <= 0;
[_21] - 22828756 * Y_3_2 + X_3_2 <= 0;
[_22] - 19737511 * Y_3_3 + X_3_3 <= 0;
[_23] - 16646267 * Y_3_4 + X_3_4 <= 0;
[_24] - 13555022 * Y_3_5 + X_3_5 <= 0;
[_25] - 41916000 * Y_4_1 + X_4_1 <= 0;
[_26] - 38050924 * Y_4_2 + X_4_2 <= 0;
[_27] - 34185848 * Y_4_3 + X_4_3 <= 0;
[_28] - 30320771 * Y_4_4 + X_4_4 <= 0;
[_29] - 26455695 * Y_4_5 + X_4_5 <= 0;
[_30] - 15918000 * Y_5_1 + X_5_1 <= 0;
[_31] - 13976240 * Y_5_2 + X_5_2 <= 0;
[_32] - 12034480 * Y_5_3 + X_5_3 <= 0;
[_33] - 10092720 * Y_5_4 + X_5_4 <= 0;
[_34] - 8150960 * Y_5_5 + X_5_5 <= 0;
[_35] - 18396000 * Y_6_1 + X_6_1 <= 0;
[_36] - 15435277 * Y_6_2 + X_6_2 <= 0;
[_37] - 12474554 * Y_6_3 + X_6_3 <= 0;
[_38] - 9513830 * Y_6_4 + X_6_4 <= 0;
[_39] - 6553107 * Y_6_5 + X_6_5 <= 0;
[_40] - 91350000 * Y_7_1 + X_7_1 <= 0;
[_41] - 85715118 * Y_7_2 + X_7_2 <= 0;
[_42] - 80080236 * Y_7_3 + X_7_3 <= 0;
[_43] - 74445354 * Y_7_4 + X_7_4 <= 0;
[_44] - 68810472 * Y_7_5 + X_7_5 <= 0;
[_45] - 133200000 * Y_8_1 + X_8_1 <= 0;
[_46] - 113095971 * Y_8_2 + X_8_2 <= 0;
[_47] - 92991942 * Y_8_3 + X_8_3 <= 0;
[_48] - 72887914 * Y_8_4 + X_8_4 <= 0;
[_49] - 52783885 * Y_8_5 + X_8_5 <= 0;
[_50] 127334000 * Y_1_2 - X_1_2 <= 9686000;
[_51] 117648000 * Y_1_3 - X_1_3 <= 9686000;
[_52] 107962000 * Y_1_4 - X_1_4 <= 9686000;
[_53] 98276000 * Y_1_5 - X_1_5 <= 9686000;
[_54] 27648000 * Y_2_2 - X_2_2 <= 1152000;
[_55] 26496000 * Y_2_3 - X_2_3 <= 1152000;
[_56] 25344000 * Y_2_4 - X_2_4 <= 1152000;
[_57] 24192000 * Y_2_5 - X_2_5 <= 1152000;
[_58] 22828756 * Y_3_2 - X_3_2 <= 3091245;
[_59] 19737511 * Y_3_3 - X_3_3 <= 3091244;

```

```

[_60] 16646267 * Y_3_4 - X_3_4 <= 3091245;
[_61] 13555022 * Y_3_5 - X_3_5 <= 3091244;
[_62] 38050924 * Y_4_2 - X_4_2 <= 3865076;
[_63] 34185848 * Y_4_3 - X_4_3 <= 3865077;
[_64] 30320771 * Y_4_4 - X_4_4 <= 3865076;
[_65] 26455695 * Y_4_5 - X_4_5 <= 3865076;
[_66] 13976240 * Y_5_2 - X_5_2 <= 1941760;
[_67] 12034480 * Y_5_3 - X_5_3 <= 1941760;
[_68] 10092720 * Y_5_4 - X_5_4 <= 1941760;
[_69] 8150960 * Y_5_5 - X_5_5 <= 1941760;
[_70] 15435277 * Y_6_2 - X_6_2 <= 2960723;
[_71] 12474554 * Y_6_3 - X_6_3 <= 2960724;
[_72] 9513830 * Y_6_4 - X_6_4 <= 2960723;
[_73] 6553107 * Y_6_5 - X_6_5 <= 2960723;
[_74] 85715118 * Y_7_2 - X_7_2 <= 5634882;
[_75] 80080236 * Y_7_3 - X_7_3 <= 5634882;
[_76] 74445354 * Y_7_4 - X_7_4 <= 5634882;
[_77] 68810472 * Y_7_5 - X_7_5 <= 5634882;
[_78] 113095971 * Y_8_2 - X_8_2 <= 20104029;
[_79] 92991942 * Y_8_3 - X_8_3 <= 20104028;
[_80] 72887914 * Y_8_4 - X_8_4 <= 20104029;
[_81] 52783885 * Y_8_5 - X_8_5 <= 20104029;
[_82] Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 +
      Z_8 <= 492520000;
[_83] - X_1_1 - X_1_2 - X_1_3 - X_1_4 - X_1_5 +
      Z_1 >= 0;
[_84] - X_2_1 - X_2_2 - X_2_3 - X_2_4 - X_2_5 +
      Z_2 >= 0;
[_85] - X_3_1 - X_3_2 - X_3_3 - X_3_4 - X_3_5 +
      Z_3 >= 0;
[_86] - X_4_1 - X_4_2 - X_4_3 - X_4_4 - X_4_5 +
      Z_4 >= 0;
[_87] - X_5_1 - X_5_2 - X_5_3 - X_5_4 - X_5_5 +
      Z_5 >= 0;
[_88] - X_6_1 - X_6_2 - X_6_3 - X_6_4 - X_6_5 +
      Z_6 >= 0;
[_89] - X_7_1 - X_7_2 - X_7_3 - X_7_4 - X_7_5 +
      Z_7 >= 0;
[_90] - X_8_1 - X_8_2 - X_8_3 - X_8_4 - X_8_5 +
      Z_8 >= 0;

```

$$\begin{aligned}
[_{91}] \quad & Z_1 - 0.28 * X_{1_1} - 0.28 * X_{1_2} - 0.28 \\
& * X_{1_3} - 0.28 * X_{1_4} - 0.28 * X_{1_5} - \\
& 0.28 * X_{2_1} - 0.28 * X_{2_2} - 0.28 * X_{2_3} \\
& - 0.28 * X_{2_4} - 0.28 * X_{2_5} - 0.28 * \\
& X_{3_1} - 0.28 * X_{3_2} - 0.28 * X_{3_3} - 0.28 \\
& * X_{3_4} - 0.28 * X_{3_5} - 0.28 * X_{4_1} - \\
& 0.28 * X_{4_2} - 0.28 * X_{4_3} - 0.28 * X_{4_4} \\
& - 0.28 * X_{4_5} - 0.28 * X_{5_1} - 0.28 * \\
& X_{5_2} - 0.28 * X_{5_3} - 0.28 * X_{5_4} - \\
& 0.28 * X_{5_5} - 0.28 * X_{6_1} - 0.28 * \\
& X_{6_2} - 0.28 * X_{6_3} - 0.28 * X_{6_4} - \\
& 0.28 * X_{6_5} - 0.28 * X_{7_1} - 0.28 * \\
& X_{7_2} - 0.28 * X_{7_3} - 0.28 * X_{7_4} - \\
& 0.28 * X_{7_5} - 0.28 * X_{8_1} - 0.28 * \\
& X_{8_2} - 0.28 * X_{8_3} - 0.28 * X_{8_4} - \\
& 0.28 * X_{8_5} \geq 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[_{92}] \quad & - 0.06 * X_{1_1} - 0.06 * X_{1_2} - 0.06 * \\
& X_{1_3} - 0.06 * X_{1_4} - 0.06 * X_{1_5} - \\
& 0.06 * X_{2_1} - 0.06 * X_{2_2} - 0.06 * \\
& X_{2_3} - 0.06 * X_{2_4} - 0.06 * X_{2_5} - \\
& 0.06 * X_{3_1} - 0.06 * X_{3_2} - 0.06 * \\
& X_{3_3} - 0.06 * X_{3_4} - 0.06 * X_{3_5} - \\
& 0.06 * X_{4_1} - 0.06 * X_{4_2} - 0.06 * \\
& X_{4_3} - 0.06 * X_{4_4} - 0.06 * X_{4_5} - \\
& 0.06 * X_{5_1} - 0.06 * X_{5_2} - 0.06 * \\
& X_{5_3} - 0.06 * X_{5_4} - 0.06 * X_{5_5} - \\
& 0.06 * X_{6_1} - 0.06 * X_{6_2} - 0.06 * \\
& X_{6_3} - 0.06 * X_{6_4} - 0.06 * X_{6_5} - \\
& 0.06 * X_{7_1} - 0.06 * X_{7_2} - 0.06 * \\
& X_{7_3} - 0.06 * X_{7_4} - 0.06 * X_{7_5} - \\
& 0.06 * X_{8_1} - 0.06 * X_{8_2} - 0.06 * \\
& X_{8_3} - 0.06 * X_{8_4} - 0.06 * X_{8_5} + \\
& Z_2 \geq 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[_{93}] \quad & - 0.05 * X_{1_1} - 0.05 * X_{1_2} - 0.05 * \\
& X_{1_3} - 0.05 * X_{1_4} - 0.05 * X_{1_5} - \\
& 0.05 * X_{2_1} - 0.05 * X_{2_2} - 0.05 * \\
& X_{2_3} - 0.05 * X_{2_4} - 0.05 * X_{2_5} - \\
& 0.05 * X_{3_1} - 0.05 * X_{3_2} - 0.05 * \\
& X_{3_3} - 0.05 * X_{3_4} - 0.05 * X_{3_5} - \\
& 0.05 * X_{4_1} - 0.05 * X_{4_2} - 0.05 *
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& X_{4_3} - 0.05 * X_{4_4} - 0.05 * X_{4_5} - \\
& 0.05 * X_{5_1} - 0.05 * X_{5_2} - 0.05 * \\
& X_{5_3} - 0.05 * X_{5_4} - 0.05 * X_{5_5} - \\
& 0.05 * X_{6_1} - 0.05 * X_{6_2} - 0.05 * \\
& X_{6_3} - 0.05 * X_{6_4} - 0.05 * X_{6_5} - \\
& 0.05 * X_{7_1} - 0.05 * X_{7_2} - 0.05 * \\
& X_{7_3} - 0.05 * X_{7_4} - 0.05 * X_{7_5} - \\
& 0.05 * X_{8_1} - 0.05 * X_{8_2} - 0.05 * \\
& X_{8_3} - 0.05 * X_{8_4} - 0.05 * X_{8_5} + \\
& Z_3 \geq 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[_{94}] \quad & -0.09 * X_{1_1} - 0.09 * X_{1_2} - 0.09 * \\
& X_{1_3} - 0.09 * X_{1_4} - 0.09 * X_{1_5} - \\
& 0.09 * X_{2_1} - 0.09 * X_{2_2} - 0.09 * \\
& X_{2_3} - 0.09 * X_{2_4} - 0.09 * X_{2_5} - \\
& 0.09 * X_{3_1} - 0.09 * X_{3_2} - 0.09 * \\
& X_{3_3} - 0.09 * X_{3_4} - 0.09 * X_{3_5} - \\
& 0.09 * X_{4_1} - 0.09 * X_{4_2} - 0.09 * \\
& X_{4_3} - 0.09 * X_{4_4} - 0.09 * X_{4_5} - \\
& 0.09 * X_{5_1} - 0.09 * X_{5_2} - 0.09 * \\
& X_{5_3} - 0.09 * X_{5_4} - 0.09 * X_{5_5} - \\
& 0.09 * X_{6_1} - 0.09 * X_{6_2} - 0.09 * \\
& X_{6_3} - 0.09 * X_{6_4} - 0.09 * X_{6_5} - \\
& 0.09 * X_{7_1} - 0.09 * X_{7_2} - 0.09 * \\
& X_{7_3} - 0.09 * X_{7_4} - 0.09 * X_{7_5} - \\
& 0.09 * X_{8_1} - 0.09 * X_{8_2} - 0.09 * \\
& X_{8_3} - 0.09 * X_{8_4} - 0.09 * X_{8_5} + \\
& Z_4 \geq 0;
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
[_{95}] \quad & -0.03 * X_{1_1} - 0.03 * X_{1_2} - 0.03 * \\
& X_{1_3} - 0.03 * X_{1_4} - 0.03 * X_{1_5} - \\
& 0.03 * X_{2_1} - 0.03 * X_{2_2} - 0.03 * \\
& X_{2_3} - 0.03 * X_{2_4} - 0.03 * X_{2_5} - \\
& 0.03 * X_{3_1} - 0.03 * X_{3_2} - 0.03 * \\
& X_{3_3} - 0.03 * X_{3_4} - 0.03 * X_{3_5} - \\
& 0.03 * X_{4_1} - 0.03 * X_{4_2} - 0.03 * \\
& X_{4_3} - 0.03 * X_{4_4} - 0.03 * X_{4_5} - \\
& 0.03 * X_{5_1} - 0.03 * X_{5_2} - 0.03 * \\
& X_{5_3} - 0.03 * X_{5_4} - 0.03 * X_{5_5} - \\
& 0.03 * X_{6_1} - 0.03 * X_{6_2} - 0.03 * \\
& X_{6_3} - 0.03 * X_{6_4} - 0.03 * X_{6_5} - \\
& 0.03 * X_{7_1} - 0.03 * X_{7_2} - 0.03 *
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& x_{7_3} - 0.03 * x_{7_4} - 0.03 * x_{7_5} - \\
& 0.03 * x_{8_1} - 0.03 * x_{8_2} - 0.03 * \\
& x_{8_3} - 0.03 * x_{8_4} - 0.03 * x_{8_5} + \\
& z_5 \geq 0; \\
[_{96}] \quad & - 0.04 * x_{1_1} - 0.04 * x_{1_2} - 0.04 * \\
& x_{1_3} - 0.04 * x_{1_4} - 0.04 * x_{1_5} - \\
& 0.04 * x_{2_1} - 0.04 * x_{2_2} - 0.04 * \\
& x_{2_3} - 0.04 * x_{2_4} - 0.04 * x_{2_5} - \\
& 0.04 * x_{3_1} - 0.04 * x_{3_2} - 0.04 * \\
& x_{3_3} - 0.04 * x_{3_4} - 0.04 * x_{3_5} - \\
& 0.04 * x_{4_1} - 0.04 * x_{4_2} - 0.04 * \\
& x_{4_3} - 0.04 * x_{4_4} - 0.04 * x_{4_5} - \\
& 0.04 * x_{5_1} - 0.04 * x_{5_2} - 0.04 * \\
& x_{5_3} - 0.04 * x_{5_4} - 0.04 * x_{5_5} - \\
& 0.04 * x_{6_1} - 0.04 * x_{6_2} - 0.04 * \\
& x_{6_3} - 0.04 * x_{6_4} - 0.04 * x_{6_5} - \\
& 0.04 * x_{7_1} - 0.04 * x_{7_2} - 0.04 * \\
& x_{7_3} - 0.04 * x_{7_4} - 0.04 * x_{7_5} - \\
& 0.04 * x_{8_1} - 0.04 * x_{8_2} - 0.04 * \\
& x_{8_3} - 0.04 * x_{8_4} - 0.04 * x_{8_5} + \\
& z_6 \geq 0; \\
[_{97}] \quad & - 0.19 * x_{1_1} - 0.19 * x_{1_2} - 0.19 * \\
& x_{1_3} - 0.19 * x_{1_4} - 0.19 * x_{1_5} - \\
& 0.19 * x_{2_1} - 0.19 * x_{2_2} - 0.19 * \\
& x_{2_3} - 0.19 * x_{2_4} - 0.19 * x_{2_5} - \\
& 0.19 * x_{3_1} - 0.19 * x_{3_2} - 0.19 * \\
& x_{3_3} - 0.19 * x_{3_4} - 0.19 * x_{3_5} - \\
& 0.19 * x_{4_1} - 0.19 * x_{4_2} - 0.19 * \\
& x_{4_3} - 0.19 * x_{4_4} - 0.19 * x_{4_5} - \\
& 0.19 * x_{5_1} - 0.19 * x_{5_2} - 0.19 * \\
& x_{5_3} - 0.19 * x_{5_4} - 0.19 * x_{5_5} - \\
& 0.19 * x_{6_1} - 0.19 * x_{6_2} - 0.19 * \\
& x_{6_3} - 0.19 * x_{6_4} - 0.19 * x_{6_5} - \\
& 0.19 * x_{7_1} - 0.19 * x_{7_2} - 0.19 * \\
& x_{7_3} - 0.19 * x_{7_4} - 0.19 * x_{7_5} - \\
& 0.19 * x_{8_1} - 0.19 * x_{8_2} - 0.19 * \\
& x_{8_3} - 0.19 * x_{8_4} - 0.19 * x_{8_5} + \\
& z_7 \geq 0; \\
[_{98}] \quad & - 0.27 * x_{1_1} - 0.27 * x_{1_2} - 0.27 * \\
& x_{1_3} - 0.27 * x_{1_4} - 0.27 * x_{1_5} -
\end{aligned}$$

```

0.27 * X_2_1 - 0.27 * X_2_2 - 0.27 *
X_2_3 - 0.27 * X_2_4 - 0.27 * X_2_5 -
0.27 * X_3_1 - 0.27 * X_3_2 - 0.27 *
X_3_3 - 0.27 * X_3_4 - 0.27 * X_3_5 -
0.27 * X_4_1 - 0.27 * X_4_2 - 0.27 *
X_4_3 - 0.27 * X_4_4 - 0.27 * X_4_5 -
0.27 * X_5_1 - 0.27 * X_5_2 - 0.27 *
X_5_3 - 0.27 * X_5_4 - 0.27 * X_5_5 -
0.27 * X_6_1 - 0.27 * X_6_2 - 0.27 *
X_6_3 - 0.27 * X_6_4 - 0.27 * X_6_5 -
0.27 * X_7_1 - 0.27 * X_7_2 - 0.27 *
X_7_3 - 0.27 * X_7_4 - 0.27 * X_7_5 -
0.27 * X_8_1 - 0.27 * X_8_2 - 0.27 *
X_8_3 - 0.27 * X_8_4 - 0.27 * X_8_5 +
Z_8 >= 0;
[_99] Z_1 >= 0;
[_100] Z_2 >= 0;
[_101] Z_3 >= 0;
[_102] Z_4 >= 0;
[_103] Z_5 >= 0;
[_104] Z_6 >= 0;
[_105] Z_7 >= 0;
[_106] Z_8 >= 0;
[_107] X_2_5 >= 23040000;
@BIN(Y_1_1); @GIN(X_1_1); @BIN(Y_1_2); @GIN(
X_1_2); @BIN(Y_1_3); @GIN(X_1_3); @BIN(
Y_1_4); @GIN(X_1_4); @BIN(Y_1_5); @GIN(
X_1_5); @BIN(Y_2_1); @GIN(X_2_1); @BIN(
Y_2_2); @GIN(X_2_2); @BIN(Y_2_3); @GIN(
X_2_3); @BIN(Y_2_4); @GIN(X_2_4); @BIN(
Y_2_5); @GIN(X_2_5); @BIN(Y_3_1); @GIN(
X_3_1); @BIN(Y_3_2); @GIN(X_3_2); @BIN(
Y_3_3); @GIN(X_3_3); @BIN(Y_3_4); @GIN(
X_3_4); @BIN(Y_3_5); @GIN(X_3_5); @BIN(
Y_4_1); @GIN(X_4_1); @BIN(Y_4_2); @GIN(
X_4_2); @BIN(Y_4_3); @GIN(X_4_3); @BIN(
Y_4_4); @GIN(X_4_4); @BIN(Y_4_5); @GIN(
X_4_5); @BIN(Y_5_1); @GIN(X_5_1); @BIN(
Y_5_2); @GIN(X_5_2); @BIN(Y_5_3); @GIN(
X_5_3); @BIN(Y_5_4); @GIN(X_5_4); @BIN(

```



```

Y_5_5); @GIN( X_5_5); @BIN( Y_6_1); @GIN(
X_6_1); @BIN( Y_6_2); @GIN( X_6_2); @BIN(
Y_6_3); @GIN( X_6_3); @BIN( Y_6_4); @GIN(
X_6_4); @BIN( Y_6_5); @GIN( X_6_5); @BIN(
Y_7_1); @GIN( X_7_1); @BIN( Y_7_2); @GIN(
X_7_2); @BIN( Y_7_3); @GIN( X_7_3); @BIN(
Y_7_4); @GIN( X_7_4); @BIN( Y_7_5); @GIN(
X_7_5); @BIN( Y_8_1); @GIN( X_8_1); @BIN(
Y_8_2); @GIN( X_8_2); @BIN( Y_8_3); @GIN(
X_8_3); @BIN( Y_8_4); @GIN( X_8_4); @BIN(
Y_8_5); @GIN( X_8_5);
@GIN( Z_1); @GIN( Z_2); @GIN( Z_3); @GIN( Z_4);
@GIN( Z_5); @GIN( Z_6); @GIN( Z_7); @GIN(
Z_8);
END

```

BIODATA PENULIS



Derry Septian Tri Wicaksono lahir di Surabaya pada 27 September 1992, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Riwayat pendidikan penulis diawali dari TK Pertiwi Surabaya, selanjutnya menempuh pendidikan dasar di SDN Kertajaya XII Surabaya tahun 1998-2004. Setelah itu melanjutkan pendidikan menengah di SMPN 1 Surabaya tahun 2004-2007, dan SMAN 5 Surabaya tahun 2007-2010. Ketertarikan penulis

pada dunia keteknikan mendorong penulis melanjutkan pendidikan di Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Sebagai seorang mahasiswa adalah anugerah besar bagi penulis. Penulis senantiasa aktif di masa perkuliahannya. Dalam bidang kemahasiswaan, penulis aktif di organisasi mahasiswa dan kepanitian. Penulis pernah menjadi Staf Divisi *Event* Mesin ITS Autosport 2011-2012 dan Kepala Divisi *Public Relation* Mesin ITS Autosport 2012-2013. Penulis juga pernah menjadi penanggungjawab penting di beberapa kepanitian, antara lain Koordinator Sie Publikasi dan Dokumentasi “Mesin Rally & Gathering 2012”, Staf ahli Sie Publikasi dan Dokumentasi “Mesin Latber Rally 2013”, Ketua Panitia “Two Wheel Slalom 2013”, Ketua Pelaksana “Indonesia Energy Marathon Challenge 2013”, *Racing Adviser* “Indonesia Energy Marathon Challenge 2014”, *Racing Committee* “Mesin Rally 2015”, *Event Adviser* “Kontes Mobil Hemat Energi 2015” dan beberapa kepanitiaan lainnya.

Dalam bidang akademik, penulis pernah menjadi tutor mata kuliah Mekanika Fluida dan Simulasi Sistem Industri. Semasa kuliah, penulis mengambil bidang Studi Sistem Manufaktur sebagai topik tugas akhirnya. Penulis bertekad akan mengabdikan segala ilmu dan pengalamannya untuk senantiasa berbuat yang terbaik untuk keluarga, lingkungan sekitar, agama, dan bangsa Indonesia. Untuk semua informasi dan masukan dapat menghubungi penulis melalui email derrystw@yahoo.com.

DAFTAR PUSTAKA

- Antika, Mike A. 2015. **Model Distribusi Semen Di PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk untuk Perencanaan Strategis (Perencanaan Pabrik Baru, Pabrik Penggilingan dan Pabrik Pengantongan). Tugas Akhir.** Surabaya: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Chung, Christoper A. 2004. **“Simulation Modelling Handbook, A Practical Approach”.** CRC Press.
- Daellenbach, H. G. & McNickle, D. C. 2013. **Management Science: Decision Making Through System Thinking.** New York: Palgrave Macmillan.
- Lingo Systems. 2006. **Optimization Modelling with LINGO Sixth Edition.** Chicago: LINGO Systems, Inc.
- Mulyadi. 2007. **Sistem Akuntansi.** Jakarta: Salemba Empat.
- Sargent, R. G. 1998. **Verification and Validation of Simulation Models.** Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- Sultan, Ahmad Zubair. 2007. **Pemodelan dan Simulasi Proses Produksi PT. Sermani Steel untuk Peningkatan Kapasitas Produksi dan Utilisasi Mesin. Tesis.** Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Taha, Hamdy. 2007. **“Operation Research: An Introduction”.** 8th. University of Arkansas: Fayetteville.
- W. Chinneck, John. 2001. **“Practical Optimization: A Gentle Indroduction”.** John W. Chinneck Systems and Computer Engineering Carleton University Ottawa, Ontario K1S 5B6 Canada

Yulia. 2012. **Optimasi Produksi dan Distribusi Di Perusahaan Gas Cair Dengan Menggunakan Linier Programming dan Cross Entrophy. Tugas Akhir.** Surabaya: Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember.